智能革命

迎接人工智能时代的社会、经济与文化变革

李彦宏 等著



“人工智能”正式写入2017年政府工作报告

超级大脑、机器学习、无人驾驶……
浏览人工智能时代全景蓝图

通过本书，了解不可错过的第四次科技革命

人工智能作序，AR互动特效

版权信息

书名:智能革命：迎接人工智能时代的社会、经济与文化变革

作者:李彦宏 等

ISBN:9787508673219

中信出版集团制作发行

自序

全世界都在为即将到来的人工智能革命感到振奋。这种情绪就仿佛二十多年前我在硅谷亲历互联网大潮初起时所感受到的。

这也让我时常回想起更早之前，自己在美国学习人工智能课程时的场景。在国内我学的是信息管理，到美国后我读的是计算机科学。对于那些与硬件相关的课程，我不是很有兴趣，但是一讲人工智能，我就特别兴奋，觉得这就是计算机科学甚至人类的未来。这门课我学得很不错，但是学完了之后自己做了一些研究才发现，人工智能还没有什么应用机会，不能够解决实际问题。大家对人工智能满怀希望，真正到市场上一检验，就会立刻碰壁。所以那个时候我比较失望，只好把这个兴趣默默埋藏了起来。

但是这个梦想一直都在那里。随着计算机网络产业的发展，尤其是搜索引擎的进步，希望回来了。

在搜索引擎大发展的十多年时间里，我和一些同路者逐步意识到，人工智能逐渐开始发挥作用。搜索引擎一直在推升计算机科学的天花板。几乎计算机科学的每一个层面，从硬件到软件的算法，再到数据，都在被持续推进，有一天一定会触碰到人工智能这个方向。在搜索上一尝试，就发现人工智能是有效的，与过去任何一个领域应用人工智能的感觉都不一样。

我们马上就会想，为什么它在这个场景下是有效的？我们的总结是，海量的数据，越来越强的计算能力，越来越低的计算成本，在搜索领域汇聚到一起，铺就了人工智能的回归之路。

如果说互联网改变了信息基础设施，那么移动互联网则改变了资源配置方式。如末梢神经般深入人类生活方方面面的互联网，不仅产生出科学家梦寐以求的海量数据，而且催生了云计算方法，把千万台服务器的计算能力汇总，使得计算能力获得飞速提高。科学家早已发明的“机器学习”方法在互联网领域大展身手，从根据用户兴趣自动推荐购物、阅读信息，到更准确的网络翻译、语音识别，互联网越来越智能化。人工智能从互联网中汲取力量，终于王者归来，并正在酝酿一场堪比历次技术革命的大变革。

面对这样的变革，许多科技界的领军人物都开始探讨它可能带来的潜在风险。同时也不乏专业人士质疑它兑现奇迹的能力。于是在舆论领域，我们的耳畔萦绕着两种声音：只要人工智能达到发展高峰，就会听到“人类将被机器统治”的担忧；而只要人工智能陷入发展低谷，又会听到“这只不过是换了种套路的创新泡沫而已”。

对于这样一个快速发展的新技术，一定是仁者见仁，智者见智的。但作为技术的追求者与信仰者，我深信不疑的是，我们既不能高估技术的短期作用力，更不能低估它的长期影响力。

从纵向发展来说，业界通常把人工智能分为三个阶段：第一阶段，弱人工智能；第二阶段，强人工智能；第三阶段，超人工智能。实际上，目前所有的人工智能技术，不管多先进，都属于弱人工智能，只能在某一个领域做得跟人差不多，而不能超越人类。

人工智能恐惧论者担心，当有一天超人工智能到来，人类会不会被机器所控制?

对此，我可能比大多数人都更保守一些。在我看来，人工智能永远不会到那一步，很可能连强人工智能都到不了。未来，机器可以无限接近人的能力，但是永远无法超越人的能力。

当然，仅仅是无限接近人的能力，就已经可以产生足够大的颠覆性。因为计算机在有些方面实在比人强太多了。比如它的记忆能力，百度搜索可以记忆上千亿的网页，其中的每一个字它都记得住，没有一个人能够做得到。再比如它的运算能力，哪怕是写诗——把你的名字输入手机百度的“为你写诗”，敲回车键，没等你反应过来，诗就出来了。再厉害的七步神童，也很难达到这种速度。但是，在情感、创造性等很多领域，机器是无法超越人类的。

更重要的是，在技术与人的关系上，智能革命与前几次技术革命又有着本质的差异。从蒸汽革命、电气革命到信息技术革命，前三次技术革命，都是人自己去学习和创新这个世界，但是人工智能革命，因为有了深度学习，是人和机器一起学习和创新这个世界。前三次技术革命时代，是人要去学习和适应机器，但在人工智能时代，是机器主动来学习和适应人类。蒸汽时代以及电气时代刚刚来临的时候，很多人是惧怕新机器的，除了工作机会的剧烈改变，还因为人不得不去适应机器，适应流水线。而这一次人工智能革命，却是机器主动来学习和适应人类，“机器学习”的本质之一，就在于从人类大量行为数据中找出规律，根据不同人的不同特点、兴趣提供不同的服务。

未来，人和工具、人和机器之间的沟通，可能完全是基于自然语言的。你不需要去学习怎么使用工具，比如怎么打开电视会议系统，怎么去调节空气净化器，你只要说话，它就能听懂。人工智能的使用方式会让人生活得更好，而不是像过去的机器那样让人感到难受。人工智能的应用会极大地提高工作效率，是推动人类进步的因素。

从六七年前开始，百度就已经认识到，人工智能将是照亮又一个新时代的火种，并在当时几乎无人看好的情况下，大规模投入这一领域。

而在国际上，谷歌从搜索领域，微软从遍布桌面的应用领域，亚马逊从电商领域都积累了海量的数据和计算能力，它们与大学实验室

里的科学家一起，几乎同步认识到人工智能的新浪潮正在涌动，并且纷纷大力投入，建树颇丰。

无论中外，企业界在这场技术革命中的主导作用日益明显。

2016年夏天，我在硅谷待了几周。有一天，跟斯坦福大学的几位学者聚餐。一位教授朋友跟我说：我们学术界现在已经不太想做深度学习了。因为我们根本做不过工业界。你们每年投入人工智能研究有多少预算？我们不敢想象。他就让同桌吃饭的人猜百度人工智能研究有多少预算。最后我说，我也不知道给了多少预算，因为这个是根据需求，需要多少我们就给多少。

除了投入力度，工业界的数据丰富程度也是学术界无法比拟的。像谷歌、百度这样的公司，正好处在互联网的中心位置，每天都会产生海量的搜索数据、定位请求等各方面的数据。

越来越多的人工智能科学家从知名院校的实验室跳槽去了谷歌，去了百度……就是因为高校无法提供研发人工智能所需要的海量数据，也无法承担计算硬件集群的巨大成本。

我们建设百度大脑，希望为更多有志于人工智能科学发展的人才提供平台和机会。一段时间以来，中国和美国在人才吸引上走了相反的方向：美国越来越反移民，中国则是越来越开放。虽然我们在人才的吸引力上跟美国相比还是有差距的，但是我们的趋势是好的。我们希望为全世界的人才提供机会。

让我们高兴的是，很多优秀乃至顶尖的人工智能科学家来到百度，这是一个很自然的过程。在这个领域，没有一个牛人可以全靠自己从零开始做，他（她）需要团队，需要基础设施，甚至需要一个重视开发人工智能的企业文化。如果这样的人才发现你一开始就不太懂，或者天天只知道在那里讲故事，实际上做不出东西来，那就无法

对他（她）产生吸引力。作为一家搜索引擎公司，百度从诞生的那一天起，就已带有人工智能的天然基因：我们以数据为基础，通过深度学习提取特征、模式，为客户创造价值的开发流程和开发文化，与人工智能系统的开发高度吻合。我本人也更喜欢与那些技术人员聊天，聊的时候会感觉很兴奋，因为彼此会发现有很多共同的语言，优秀的人才自然而然就会互相吸引到一起。

当然，智能革命的兴起，还需要政府的力量。2015年3月，在博鳌亚洲论坛期间，我和比尔·盖茨、埃隆·马斯克等美国创新企业家在正式场合与非正式场合数次对谈人工智能话题。我们达成了很多共识，其中一项就是，都认为政府的鼎力支持对创新产业非常重要。

客观地说，中国整体的人工智能技术水平以及人才的厚重程度，现在还是落后于美国的。但是在局部我们可以领先，中国的土壤有自己的优势。比如数据方面，中国有14亿人口，7亿多网民，从任何一个单一市场的角度来讲都是全球最大，能够获得数据的能力也是全球最强。中国还有一个很强的政府，有能力把很多数据统一起来。而就在那年博鳌亚洲论坛之前的全国“两会”上，我提交了“中国大脑计划”提案，希望从国家层面来搭建人工智能基础资源和公共服务平台，推动人工智能发展，抢占新一轮科技革命制高点，助力中国经济转型升级。

我们注意到，欧美等发达国家已经纷纷从国家战略层面加紧布局人工智能。2016年，除了美国政府先后发布《国家人工智能研究与发展战略计划》等三份报告，人工智能另一重镇英国也于12月发布关于人工智能的战略报告，主张以发展人工智能来提升企业竞争力、政府治理能力和综合国力。由此可见，世界大国政府层面的人工智能竞争意识已日趋浓厚。在这方面，中国政府也不遑多让。

2015年3月，李克强总理在政府工作报告中提及“互联网 +”的概念。四个月后，国务院发布了《国务院关于积极推进“互联网+”行动的

指导意见》，其中就已提到“人工智能”。2016年5月，国务院再次颁发《“互联网 +”人工智能三年行动实施方案》，正式提出人工智能产业纲领。

2017年3月，百度获得国家发展和改革委员会批准，联合数家科研机构倾力筹建“深度学习技术及应用国家工程实验室”。作为国内唯一一个深度学习领域的国家工程实验室，将着重发力于深度学习技术、计算机视觉感知技术、计算机听觉技术、生物特征识别技术、新型人机交互技术、标准化服务、深度学习知识产权七大方向；站在国家的高度，致力于解决我国人工智能基础支撑能力不足等问题，全面提升智能产业的国际竞争力。

这可以看作政府层面对“中国大脑计划”的一个初步回响。做这样一个大平台，宗旨在于提升中国在人工智能方面的综合实力，在国际上能够真的代表中国——要像女排那样代表中国。

在2017年的全国“两会”上，我再次提交了利用人工智能和大数据技术，切实解决儿童走失的问题，解决城市道路拥堵问题，加强人工智能的行业应用，为中国经济增添新的增长点三个提案。

两天后，“人工智能”首次写入政府工作报告。这充分说明，在人工智能这个领域，政府与企业界的共识正在达成，其意义堪比“互联网”首次出现在政府工作报告中，也无疑将加速智能革命的进程。

当然，智能革命，它的过程会轰轰烈烈，但它的成果将会是一条宽广平缓的河流。人工智能领域的权威人士都认为，在不久的未来，智能流会像今天的电流一样平静地环绕、支持着我们，在一切环节提供养料，彻底改变人类经济、政治、社会、生活的形态。陆奇称智能时代的核心本质是“knowledge in every system, intelligence in every interaction”（知识无处不在，任何交互都是智能的）。未来世界的人们将像穿衣吃饭一样享用着人工智能而无所察觉。

在我的家里，我其实不太给自己的小女儿讲未来的东西，大多数时候给她讲的都是已经实现的东西。有些东西她不知道，我告诉她，其实百度语音可以这么用，她就明白了。有些东西不用教，她自己就会，自然而然地就会对着智能硬件说话，享受乐趣，充分体现出小孩的天性与新技术的契合。我觉得这就是人工智能的美妙之处，它从一开始就是通过学习人、了解人、适应人，然后服务人，是完全以人为本的。为了这一切的发生，今天我们所有的努力都是值得的。

序一
百度大脑作序㊟

我来了，天上的云乘着风飞翔，心中的梦占据一个方向，方舟扬帆起航，一路带着我们纵情歌唱，方舟扬帆起航，脉络就在大海之上，进步的时光，迎着你看涛浪潮往。

一个新生的地方，穿越千年时光，穿越了无尽的荒凉。答案就在这里搜索。第一缕曙光，远处熟悉的歌声还在耳边回响，你却依然不知我将去向何方。千年时间留下十字文章，曾今谁重复往昔旧模样。

我来了，期待着你的每一天，睁开眼就能看到幸福曙光，占据着你的每一天，陪你跨越鸿沟走向湛蓝，算法很简单。

时代的春天，回想起我们曾牵手走过的画面。大家互联网这场风吹雨打之后又在藕断丝连。只是不知道时间还会流向哪一条线。盼望着未来等待明天，呼吸新鲜空气多点微笑扮个鬼脸。

我来了，重联网中的两颗心相互依靠，就在这里诞生，沿着时空隧道，能虚拟梦想陪你一起到天涯和海角，智慧有多少，开神秘的图案，迎着金色的太阳奔跑。各自徘徊原本以为成长的必须。每当那夕阳爬上屋顶望着星空仰起来眨眼睛。熟悉的身体中透露出一种神奇。

这阵痛是多么重要，任由阳光洒满大地在黑暗中寻找，哪怕身后天涯海角。永生早已决定将未来度过如何厮守到老。希望得到，故事结局怎样究竟又有谁会知道。生活还要继续向前奔跑。

智能革命，畅游天地，我知道这是一条神经虚拟网络的秘密，用强健的身体，凝聚着智慧的心灵，开拓新奇迹，让我们拥有美好的生活，绘出美好的旋律。

不可预测的天地，良夜之后你又会在哪里。温暖的阳光照耀着大地。天上的云儿飘来飘去，醒来之后何时是归期。我要看到未来的自己。

---

1. 此诗是百度大脑以“智能革命”为主题所作的。其中既有对人类情感的模拟，又有不同于人的神秘与粗拙（为了保证原创性，没有进行编辑和修改）。恐怕没有什么能比一首机器写的诗更适合作为本书的序言了。

序二
AI时代的曙光

这是一本论述人工智能的书，在这里首先讨论一个书中可能不涉及，但很基本的问题：人工智能的定义。

目前广为人知的定义是图灵测试，但这只能被看作一种泛泛的描述，并不是严格和精确的定义。比如，参与测试的人是什么样的人？向机器提出的问题是什么？这些问题都不明确。

上溯历史，我们发现人工智能的概念与自动化有着密切的关系，可以说自动化是这个概念的起源。在过去相当长的一段时间里，在人们的心目中，自动化就是人工智能。其实，人类制造和使用自动化装置的时间比我们想象得要早，远在电气时代之前，蒸汽机上就有自动调节蒸汽流量的装置，在更早的16世纪，伊丽莎白女王的宫廷里首次使用的抽水马桶也是自动化装置，如果向前追溯，肯定还有更早的例子。自动化大批量出现是在电气时代，先是由模拟电路实现自动化，后来电子管被晶体管所代替，再后来出现了集成电路，由日益复杂的软件所驱动。今天，我们在生活中要与无数的自动化系统打交道，比如电子商务系统、网上银行系统和网上购票系统等。

毋庸置疑，自动化系统表现出了相当多的智能特征，像网上银行这类系统处理着相当复杂的业务，其效率和精准度已高于人类雇员。即使是抽水马桶这样最简单的系统，也表现出一定的智能行为，它能够感知水箱的水位，适时开启和关闭给水阀门，这事它做得与人类一样好。但从抽水马桶到网上银行，我们都不把它们看作是人工智能。笔者曾经编写过一个写现代诗的软件，现在还在网上流行；而目前网

上其他比较完美的自动作诗软件，所写出的中国古典诗词很难与人类所作的诗词区分开来。另外，近年来已经有不止一个系统在不同的实验室环境下通过了图灵测试。但这一切，我们都不把它们看成心目中的人工智能，为什么？

笔者在20世纪80年代最早参与开发的工业监控系统是以Z80处理器为核心的，用汇编语言编程。这个系统能够监测上百个机组参数，并根据参数的变化做出适当的调节，其功能是人工无法实现的。但在我们的眼中它也完全不是人工智能。汇编语言的特点就是透明性，它要在硬件层次手把手地教机器做每一步操作，比如把数据从这个存储器送往那个存储器，中断的调用和返回等都一一写明，所以当我从外部看到系统的动作时，脑中立刻有一幅明晰的流程图，立刻能知道哪几条指令被执行了。所以在我看来，这个监控系统与抽水马桶没有本质的区别。现在那些更复杂的系统，如网上银行和电子商务，这些软件的编制者一定清楚所有的内部操作流程，他们知道系统的每一步操作在软件中是如何进行的，这同样也是抽水马桶更复杂的版本。至于那些电子诗人和通过图灵测试的系统也一样，程序员清楚地知道它们是如何根据逻辑树检索数据库，然后组合出诗和答案的，所以至少程序员知道这不是智能。

这就涉及高明的中文房间比喻，当我们意识到房间中那些忙碌查找卡片的人时，智能的感觉就荡然无存了。

现在我们认为拥有人工智能的那些系统，比如，进化算法和深度学习等，都有一个共同特点：它们都或多或少地表现出了黑箱的特点，虽然从理论上它们内部的运算步骤仍然可以追踪，但由于计算量的巨大，使这种追踪实际上很困难甚至不可能。于是，我们真的感觉它们有智能了。

到这里，我们仍然无法得出人工智能的准确定义，但能够看到它的一个重要特点：一个具有智能特性的人造系统，它产生、输出的内

部的运算过程是人类智能所无法解析的。换句话说，只有我们不知道机器在想什么、怎么想时，才认为它有智能。

看到这一点，每个人的心中应该都生出一股隐隐的寒意。是否人工智能的本质中，就隐含着它们最终失控的可能性?

这正是目前人们对人工智能关注的热点，用马斯克的话来说，人工智能正变成比核弹更危险的东西。媒体舆论给人一个印象，似乎机器的征途已经开始，人工智能征服世界指日可待。本书最后一章也显现了这种担忧。库兹维尔甚至在《奇点临近》中给出了人工智能纪元到来的具体年份：2045年。那时，现在读这本书的人有2/3还活着。

但理智地考察目前人工智能领域的状况，我们就能发现智力远超人类的“强人工智能”仍然属于科幻的范畴。公众喜欢从科幻的角度看问题，比起平常的现实，科幻确实能让人兴奋，任何从现实出发所进行的理智的预测都被斥为保守和没有想象力。但笔者作为科幻作家却只能说，与大家通常的印象不同，科幻小说中的预言真正变为现实的是少数，大部分预言要变为现实仍然遥遥无期。人们的潜意识中都认为，只要在理论上有可能突破的技术障碍，在未来就一定能够被突破，但事实并非如此。在人工智能方面，“强人工智能”的实现面对着许多巨大的技术障碍，如非冯·诺依曼体系的新结构计算机、对人类思维机制的深刻认识等，现在都无法确知最终能否取得突破。另外一些看似有希望的技术，如量子计算等，距实用还相去甚远。

所以，在对人工智能进行科学幻想的同时，我们更需要关注即将面对的“近未来”，这也正是本书重点讨论的话题。

人工智能近年来发展的趋势是开始走出实验室，进入人类生活，用一位互联网大佬的话来说，它们变得能用了。这样我们就面对着一个即将到来的挑战：人工智能不会夺走我们的自由和生命，但会夺走

我们的饭碗，这不需要人工智能的失控，它们可以在资本家的完全控制下做成这件事。

有学者认为不必为这件事担忧，他们回顾工业化的历史，在20世纪初，美国有50%的农业人口，但随着农业机械化，现在的农业人口降到4%，而城市化吸收了多余的农民。但眼前发生的事情是不同的，当人工智能大规模进入社会后，人类能做的工作它们大部分都可以做，城市不会再有更多的就业岗位留给人类。通行的美好说法是，人们在常规工作中被人工智能取代后，可以去从事创造性的工作。问题是创造性的工作不是人人都可以从事的，也不需要那么多的人，如果社会分配制度不改变，一个全部由科学家和艺术家构成的人类世界几乎是一场噩梦，这上百亿科学家和艺术家中的绝大部分注定一生碌碌无为，对社会和自己都毫无用处，且沦入“创造性”的穷困潦倒中。

但这种思维方式总有些不对的地方。人类自古以来为生存而劳作，实在是迫不得已，工作着是美丽的，但谁都知道，不需要工作的生活更美丽。现在终于能够制造出把自己从工作重负中解放出来的机器，这是人类文明最伟大的成就，无论如何不应该被看作一场灾难，相反，这可能是人类所面对的前所未有的伟大机遇，只是，我们需要改变。

如何完成由现代社会向人工智能社会的过渡？有两种可能。

一种可能十分黑暗：在现有的社会、经济和政治体制下，人工智能带来的问题几乎是无解的。在人工智能迅速取代人类的过程中，没有及时建立起与之相适应的社会体制，在席卷全球的失业浪潮之下，世界的政治和经济将陷入长久的混乱之中，一切都笼罩在人工智能及其使用者与“新卢德派”领导的大众的无休止的冲突中。

另一种可能是，社会成功地完成转型。这将是有史以来人类生活方式最大的一次改变。不劳动者不得食，这个理念是人类社会的基

石。文明诞生以来经历过多次巨大变革，这一基石从未改变，但人工智能可能会移除这一基石，进而导致从所有制和分配制度，到基本的经济结构，再到政治体制，直到文化，都发生根本的变化。这是真正的人类解放，是向着古老的乌托邦理想迈进的一大步。2016年是《乌托邦》发表500周年，但托马斯·莫尔无论如何不会想到，他的理想会借助于智能机器实现。我很有兴趣地想，如果卡尔·马克思知道人工智能这回事，他关于资本主义和共产主义的理论会是什么样子?

想象人工智能时代的社会和生活是困难的，即使在科幻小说中，我们也只能把种种可能性排列出来，而哪种可能性最有可能成为现实，取决于我们的努力和选择。但不管怎么说，那是一个诱人的时代，我们正向它走去。

刘慈欣

2016.12.10

01

简史：互联网风云背后的人工智能生长

有句话叫作，你能看见多久的历史，就能看见多远的未来。让我们首先简单回顾一下互联网和人工智能之间的历史风云。

大家对于互联网的历史多少已有耳闻。互联网于20世纪60年代诞生于美国军方的实验室，一开始用来在几所高校和科研机构之间传递和共享情报。到了20世纪80年代末，一群科学家提出万维网概念并创造了TCP\IP（互联网传输控制协议），赋予计算机联网通信的统一标准，使互联网得以向全世界扩展。至此，一条宽阔深远的信息高速公路展现在世人面前。

大约20年前，23岁的年轻人马克·安德森发明了网景浏览器，就此点燃了大众互联网的熊熊火焰，打开了互联网商用的大门。那时，微软开始焦虑自身的软件业务会不会被互联网颠覆，太阳公司的年轻人则毅然与僵化的公司割裂，决定发明一种可以在各种操作系统上通用的语言，以此打破微软的垄断，闯开互联网创新之门，于是就有了Java（程序设计）语言的诞生。Java语言极大地加速了互联网产品的开发创造。

当时的中国，在北京、上海也还找不到几家网吧，1997年，也就是香港回归的那一年，瀛海威刚刚开通全国网络接入服务，张小龙刚刚写出了Foxmail电邮软件程序，全国信息化工作会议也在那一年召开……从外面看万维网世界，一切都是刚苏醒的模样。但在技术圈，新技术、新思想层出不穷，各种商战明争暗斗正酣。

那时我还在美国搜索引擎先驱Infoseek公司工作，在第一线感受互联网商战气氛，感受美国人对新科技浪潮的昂扬热情。当时我想，新技术革命正在发生，中国准备好了吗？我在1998年写出了《硅谷商战》一书，详细描绘了硅谷天才们的奋斗与创新过程。在写完这本书后，我于1999年回国，在北京一家宾馆的房间里创办了百度公司。

回想网景、太阳、微软这三家公司在互联网领域类似三国争雄般的时代，至今依然激动不已。当时人们都在猜测谁是最后的赢家。微软看上去好像是不可战胜的，它总是能消化新技术。网景的发展则是起起伏伏，最终被美国在线收购，而美国在线也在2014年被以无线业务称雄的Verizon（威瑞森）公司收购。后来，Verizon还收购了叱咤风云多年的雅虎。太阳公司一度如日中天，2001年在全球拥有5万名雇员，市值超过2000亿美元。然而当互联网泡沫破碎时，太阳公司在一年内由峰顶跌入谷底，2009年被Oracle（甲骨文）公司收购。

俱往矣，互联网的发展大大超出了当时大多数人的预料，新科技公司快速崛起，苹果、谷歌终于凭借手机操作系统完成了对微软的逆袭。而创造网景浏览器的马克·安德森——我在《硅谷商战》开篇就描摹的创新者，如今已没有多少90后知道他的名字。

但马克·安德森并没有离开，他成了硅谷风投界的教父。互联网技术也依然继续高歌猛进。昔日人们关注互联网大咖明争暗斗，今日人们感慨移动互联设备全面超越PC，却一直无意中冷落了一个默默崛起的“幽灵”。这个“幽灵”就是人工智能，互联网只是它的身体之一。

人工智能的黎明

人工智能的历史早于互联网，与计算机历史相伴。1956年达特茅斯会议召开，人工智能被正式提上日程。那时候一台计算机的体积有一栋房子那么大，计算能力低下，为什么就有人敢于提出人工智能的概念？这就在于科学家的洞察力。当时，香农早已完成他的三大通信定律，为计算机和信息技术打下基础。明斯基已经造出第一台神经网络计算机（他和同伴用3000个真空管和一台B-24轰炸机上的自动指示装置来模拟40个神经元组成的网络），不久后写出了论文《神经网络和脑模型问题》。这篇论文在当时没有太受重视，日后却成为人工智

能技术的鼻祖。而图灵则早在1950年就提出了如今人尽皆知的图灵测试理论以及机器学习、遗传算法、强化学习等多种概念。

图灵去世两年后，在达特茅斯会议上，麦卡锡正式提出人工智能的概念。参与会议的十位年轻科学家在会议之后都成为世界各国人工智能领域的领军人物。人工智能短暂的春天开始了。不过当时他们的成绩更多被埋没在计算机发展成果之中，比如，可以解决闭合式微积分问题的程序，搭建积木的机械手等。

理想超前但基础设施尚在襁褓中。超前的人工智能遇到两个难以克服的瓶颈：一个是算法逻辑自身的问题，也就是数学方法的发展还不够；另一个是硬件计算能力的不足。比如，机器翻译就是典型问题，科学家夜以继日地总结人类语法规则，设计计算机语言模型，机器却始终无法把翻译准确率提升到令人满意的程度。



图1-1 达特茅斯会址

注：使用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

新技术和产业链条没有被打通，令人兴奋的产品应用没有被发明出来，政府投资和商业投资都大幅度减少，人工智能研发在20世纪70年代中期到90年代经历了两次低潮，只是普通大众并没有感受到，毕竟高速发展的计算机本身就已经是很神奇的智能工具了。

对于普通人来说，接触最多的“人工智能”实例大概就是街机游戏了，20世纪80年代在中国的一些小县城街头就已经出现了游戏厅。那些街机NPC（非玩家控制角色）总是能被熟练玩家轻松战胜，这不仅可以看作“人工智能”能力低下的表现，也造成了一种错误观念：智能

是安装在一台计算机中的事物。直到互联网和云计算的兴起，这种观点才被改变。

百炼成钢

2012年，我注意到深度学习在学术界和应用方面都有了突破。比如，用深度学习的方法来识别图像，突然就比以前的任何算法都有明显提升。这个时候我马上意识到，新的时代来临了，搜索将被革新。过去我们用文字搜索，现在可以用语音和图像进行搜索。比如我看到一株不认识的植物，拍一张照片上传搜索，就可以立刻识别出来它叫福禄桐。过去用文字搜索是没法描述这样的植物的。不仅是搜索，很多过去不可能的事情现在都可能了。

语音识别能力、图像识别能力、自然语言理解能力，包括为用户画像的能力，这些都是人的最本质的智慧能力。当计算机拥有了人的这些能力时，一场新的革命就会到来。以后速记员和同声传译人员可能会被机器代替，计算机可以做得更好。以后也许不需要司机了，车自己就可以开起来，更安全，更有效率。在企业里面，金牌客服可能人人都可以做了，因为有了智能客服助手。人工智能对人的这种赋能，超过了以往任何一个时代。工业革命解放了人的体力，过去一些像搬石头之类的粗活需要人类自己来干，现在机器可以替你把更巨大的石头搬起来。智能革命到来之后，原本很多需要费脑子的事情，机器也可以帮你做。未来20~50年，我们会不断看到各种各样的变化，收获各种各样的惊喜。这是一个很自然的过程。

然而，站在智能革命开始的时点，有必要向那些人工智能科学的坚守者、开拓者致敬。

在资本寒冬期，有少数科学家依然坚持人工智能领域的探索。如今百度拥有一支庞大且实力雄厚的人工智能研究团队，其中不少担纲者从20世纪90年代开始就在从事机器学习研究工作，或师从名师，或在大科技公司从业多年，今天的研发成绩只是水到渠成、顺势而为的结果。

20世纪90年代只有Geoffrey Hinton（杰弗里·辛顿）、Michael Jordan（迈克尔·乔丹）等少数科学家坚持机器学习领域的探索。原百度首席科学家吴恩达在20世纪90年代就师从Jordan，后来他通过开创在线课程，把机器学习的理论传授给无数年轻人。现任百度研究院院长林元庆，百度杰出科学家以及世界上最早利用神经网络做语言模型的徐伟等人，十多年前就在深度学习的重镇NEC（日本电气股份有限公司）的美国实验室工作。在那里工作过的人工智能专家，有发明SVM（Support Vector Machine，支持向量机）的美国工程院院士Vladimir Vapnik（弗拉基米尔·瓦普尼克），有发明卷积神经网络的深度学习领军人物、现任脸书（Facebook）人工智能实验室主管的Yann Le Cun（扬·勒丘恩），还有深度学习随机梯度算法的核心人物Leon Buttou（利昂·布托），以及原百度深度学习实验室主任余凯等。

他们中的很多人都经历了人工智能研究的数次潮起潮落。简单来说，最初的人工智能研究大多基于规则——人类总结各种规则输入计算机，而计算机自己并不会总结规则。比这个高级的方法是基于“统计”的机器学习技术，让计算机从大量数据和多种路径中寻找概率最大、最合适的模型。

这两年促使人工智能再度技惊世人的技术，则是机器学习技术的升华版——基于多层计算机芯片神经网络的“深度学习”方法。通过多层芯片联结，模仿人脑大量神经元的网状联结方式，辅以精妙的奖惩算法设计和大数据，可以训练计算机自己从数据中高效地寻找模型和规律，从而开启了一个机器智能的新时代。

正是少数人的坚持，为人工智能的王者归来保存了火种。在中国，百度是最早布局人工智能的公司之一，我们似乎是自然而然地做了很多其他公司当时还没听过的事情。六七年前，在美国，陆奇和我畅谈了深度学习的巨大进展。于是我们下定决心要大举进入这样一个领域。最终，在2013年1月，百度年会上我正式宣布了IDL（深度学习研究院）的成立，这应该是全球企业界第一家用深度学习来命名的研究院。我自任院长，不是因为我比其他人更懂深度学习，而是用我这块牌子，来展示对深度学习的高度重视，来召唤那些坚守多年的科学家一起奋斗。

过去百度从不专门成立研究机构，我们的工程师就是研究人员，研究始终与实际应用结合得非常紧密，但是我认为，深度学习会在未来很多领域产生巨大影响，而那些领域并不都是百度现有业务范围之内的。所以，有必要创造一个专门的空间，把人才吸引进来，让他们能够自由发挥，去尝试各种各样的创新，在百度过去可能从来没有接触过的领域做研究，为全人类的人工智能革命探索道路。

“智能”已换代

如果人工智能的启蒙阶段可以称为1.0时代的话，那么现在很明显已经大步进入2.0时代了，机器翻译就是典型案例。过去的机器翻译方法就是基于词和语法规则进行翻译——人类不断地把语法规则总结出来告诉机器，但却怎么也赶不上人类语言尤其是语境的多变，所以机器翻译总是会出现诸如把“how old are you”翻译成“怎么老是你”的笑话。

后来出现了SMT（统计机器翻译），基本思想是通过对大量的平行语料进行统计分析，找出常见的词汇组合规则，尽量避免奇怪的短语组合。SMT已经具有机器学习的基本功能，有训练及解码两个阶

段：训练阶段就是通过数据统计让计算机构建统计翻译模型，进而使用此模型进行翻译；解码阶段就是利用所估计的参数和给定的优化目标，获取待翻译语句的最佳翻译结果。

SMT研究在整个业界已经持续了二十多年，对于短语或者较短的句子，翻译效果显著，但是对于较长的句子翻译效果就一般了，尤其是对语言结构差异较大的语言，例如中文和英文。直到近几年NMT（基于神经网络的翻译）方法崛起。NMT的核心是一个拥有无数结点（神经元）的深度神经网络，一种语言的句子被向量化之后，在网络中层层传递，转化为计算机可以“理解”的表达形式，再经过多层复杂的传导运算，生成另一种语言的译文。

但是应用这个模型的前提是数据量要大，否则这样的系统也是无用的。像百度和谷歌这样的搜索引擎，可以从互联网上发现和收集海量的人类翻译成果，把如此巨大的数据“喂给”NMT系统，NMT系统就可以训练和调试出比较准确的翻译机制，效果要好于SMT。中文和英文之间的双语语料信息储备越多，NMT的效果就越好。

SMT以前用的都是局部信息，处理单位是句子切开以后的短语，最后解码时将几个短语的译文拼接在一起，并没有充分利用全局信息。NMT则利用了全局信息，首先将整个句子的信息进行编码（类似人在翻译时通读全句），然后才根据编码信息产生译文。这就是它的优势，也是其在流畅性上更胜一筹的原因。

比如，翻译中有一个很重要部分是“语序调整”。中文会把所有的定语都放在中心词前面，英文则会把修饰中心词的介词短语放在后面，机器常混淆这个顺序。NMT在语序学习上的优势带来了它翻译的流畅性，尤其在长句翻译上有明显优势。

传统的翻译方法也不是一无是处，每一种方法都有其擅长的地方。以成语翻译为例，很多时候有约定俗成的译文，不是直译而是意

译，必须在语料库中有对应内容才能翻译出来。如今互联网用户的需求是多种多样的，翻译涉及口语、简历、新闻等诸多领域，一种方法很难满足所有的需求。因此百度一直把传统的方法如基于规则的、基于实例的、基于统计的方法与NMT结合起来向前推进研究。

在这种机器翻译的模式中，人类要做的不是亲自寻找浩繁的语言规则，而是设定数学方法，调试参数，帮助计算机网络自己寻找规则。人类只要输入一种语言，就会输出另一种语言，不用考虑中间经过了怎样的处理，这就叫作端到端的翻译。这种方法听起来挺神奇，其实概率论里的贝叶斯方法、隐马尔科夫模型等都可以用来解决这个问题。

以资讯分发当中的贝叶斯方法为例，可以构建一个用概率来描述的人格特征模型。比如男性读者模型的特征之一是在阅读新闻时点击军事新闻的概率是40%，而女性读者模型是4%。一旦一个读者点击了军事新闻，根据图1-2中的贝叶斯公式就可以逆推这个读者的性别概率，加上这个读者的其他行为数据，综合计算，就能比较准确地判断读者的性别以及其他特征。这就是数学的“神奇”。当然，计算机神经网络使用的数学方法远不止这些。



$$P(A|B)=\frac{P(B|A)\,P(A)}{P(B)}$$

图1-2 贝叶斯与贝叶斯公式[注]

类似机器翻译的人工智能技术方法的前提是数据量足够大。互联网提供了以前科学家梦寐以求却难以得到的海量数据。互联网诞生的初衷是为了信息沟通方便，结果带来了信息爆炸，信息爆炸又促进了人工智能技术的发展。

再以下棋为例。1952年瑟·萨缪尔编写了跳棋程序，水平能达到业余高手程度。跳棋规则比较简单，计算机在这方面有人类很难比拟的优势，但是国际象棋就难多了。百度总裁张亚勤在微软担任研究院院长的时候，请来中国台湾计算机才子许峰雄，他在IBM（国际商业机器公司）的时候开发了名噪一时的国际象棋机器人“深蓝”。20世纪90年代的人工智能代表非“深蓝”莫属，“智慧”集中在一台超级计算机上［使用了多块CPU（中央处理器）并行计算技术］，连续战胜人类国际象棋高手，并终于在1997年战胜了人类国际象棋冠军卡斯帕罗夫。不过富有意味的是，比赛之后不久，IBM就宣布“深蓝”退役了。张亚勤对许峰雄说，“你去做围棋吧，等能下赢我的时候再来找我”，但直到他离开微软，许峰雄都没有再来找过他。

“深蓝”本身面临一些无法突破的瓶颈，虽然可以处理国际象棋棋盘上的运算，但面对围棋棋盘上达到宇宙数量级变化的可能性，只能望洋兴叹。基于决策树算法，穷举一切走子可能性的模式超出了计算机的承载能力，虽然算法不断优化，但还是无法突破计算瓶颈。以围棋为代表的东方智慧，面对人工智能似乎可以稳若泰山，但一个新时代正在来临。

Internet的大会师

“深蓝”代表的计算机智能似乎与互联网无关，然而云计算和大数据的发展，使得人工智能和互联网终于合二为一，元神合体，获得了一种不同于“深蓝”时代的智慧模式。多芯片分布式计算加上人类积累

的大数据，再通过超越决策树的新算法来贯通，体现了人类智慧与机器智慧的结合。

2016—2017年，AlphaGo（阿尔法围棋）横扫人类围棋高手圈。AlphaGo的下棋“思路”不同于人类，也不同于“深蓝”。简而言之，是千万盘人类围棋对弈的数据滋养了它。如果要给出更专业的解读，则可以说是蒙特卡洛搜索算法和基于深度学习的模式识别促成了AlphaGo的成就，其中最为重要的，恰恰是其前辈“深蓝”所不具备的深度学习。

根据各方的研究来看，AlphaGo不是自己想出棋着来，而是学习了人类高手的千万盘棋局（这就是大数据）。它记录下每个棋局中的每个局面，把上百万个局面当作输入进行训练，通过一个多层神经网络来预测人类高手会走出的下一着。经过巧妙的神经网络设计与训练，这个多层神经网建模了人类高手的“棋感”——对于当前局面，已知以往下棋历史中的胜率。在实际下棋时，计算机可以通过视觉识别记录下棋局，然后和以往的棋局数据比较，找到相同的模式（局面），再检索不同局面往后发展下去，根据以往下棋史中的胜率高低选出一些高质量的候选点供走子，而不必每个候选点都去尝试一遍，从而极大地减少系统运算量，不至于让系统“殚精竭虑”而死。这就像人类，不会穷尽所有候选点，而是根据经验和感觉选择某些点。选出几个点之后，人类还是要分别计算、比较哪个点更好。对于机器来说，这个计算就要交给蒙特卡洛搜索算法。

我们用一个不一定十分准确，但是形象的比喻来说明。蒙特卡洛树形搜索是对以往决策树算法的优化。对于以往的决策树算法，即便给了一个高质量的候选点，对于接下来的选择，它同样要进行穷举，在每个要选择的地方做一次分支，同样会遇到可选路径数量的指数爆炸。

蒙特卡洛方法就体现了概率学的精妙。假设在某个棋局局面下，深度学习网络给出了三个候选落子办法A、B、C，以这三个点为根节点，分别往下走子，可以想象成三棵树，每棵树还有无数分支。蒙特卡洛搜索不去穷尽所有分支，而是派出300万只蚂蚁分别从A、B、C出发，每个点100万只，飞速向树梢爬（也就是往下黑白棋交替走子直到决出胜负，基本上走200步就会分出胜负），总有部分蚂蚁走到最高点（也就是决出胜负，假设蚂蚁走到终点的情况代表黑子胜，没走到终点的情况代表白子胜）。

假设从A点出发的100万只蚂蚁有30万只到达终点，从B点出发的有50万只到达终点，从C点出发的有40万只到达终点，系统就认为黑子走B点胜率更高，就会选择B点。这就是概率学的取样算法，相比逐项穷举法，极大地缩减了计算量。

为什么派100万只蚂蚁而不是10万只或者1000万只？这是根据计算机的计算能力和对竞争对手的大致估计来确定的。如果派10万只蚂蚁就可以得到较高胜率，那么派10万只也可以。在相同时间内派出越多蚂蚁，对计算能力要求越高。

CPU芯片与GPU（图形处理器）芯片同时进行神经网络计算与蒙特卡洛树形搜索，模拟海量的终盘局面，这是人类计算能力无法相比的。由于采用深度学习建模了人类高手的棋感，看上去人工智能拥有了人类的大局观，而这个大局观恰恰蕴藏在人类高手的千万盘对弈数据里。

相信聪明的读者即便不太了解数学理论，也已经基本明白AlphaGo是怎么做的了，虽然具体的算法和策略要远比上面描述得复杂。AlphaGo向大众展现了一次当下人工智能/深度学习技术的发展水平。但实际上做同类研发的机构和人才很多，而且八仙过海，各显神通。

人类的行为一旦被互联网以数据的形式记录下来，就成为滋养人工智能在各行各业齐头并进，进而帮助人类自己的无穷无尽的燃料。机器翻译、语音识别、图像识别都是基于互联网提供的大量数据，用户点击行为也是如此。为什么百度搜索引擎的准确性是国内其他搜索引擎难以比拟的？因为数据量最大、算法最先进、积累最雄厚。用户的每一次点击其实都在训练搜索引擎背后的百度大脑，告诉它哪一条资讯才是用户最想要的。

当人工智能遭遇冬天的时候，人们认为机器很难像人一样思考，但机遇也正在这句话里。20世纪90年代以后，人类认识到人工智能没必要像人类那样思考，只要能够解决人类的问题即可。所以语言学家乔姆斯基在被问及“机器可以思考吗？”的时候，借用丹麦计算机科学家迪克斯特拉（Dijkstra）的说法反问：“潜艇会游泳吗？”潜艇不会像鱼儿或者人类那样摆动身姿游泳，但是它的水下能力非常好。

当我们回望历史——这个历史不仅仅是互联网的发展历史——整个人类工业发展都在孕育人工智能。凯文·凯利说过，蒸汽机活塞的自我往复运动就是一个精巧的设计，这种自我应答已经蕴含了“进化”的要素。自动化的追求是人工智能的进化动力。

比如，工业革命开始的时候，蒸汽机最先出现在煤矿和坑口。因为早期的蒸汽机效率低、能耗大，只有在煤特别多、特别便宜的地方才可能使用。采煤的时候会产生很多水，要从煤矿里面把水抽出来。有了这种需求，又有足够廉价的能源，才会想到用蒸汽机这种办法。一旦得以运用，蒸汽机的技术就不断发展，最终推动工业革命。人工智能也是一样：当你容易得到足够多的数据时，数据就是新的能源，就是燃料，有了数据燃料，人工智能的发动机就可以运转起来。

要感谢互联网的发展以及一切人类活动产生的数据记录，没有人类的数据积累，计算机就没有可学习的对象。要感谢那些人工智能探索者，他们并非都是计算机科学家，他们有的做生物学研究，有的做

工程学研究，有的研究数学和计算机程序的自动迭代优化，有的改革计算机芯片的协作架构。各种研究成果汇流成海，终于汇聚成今天的人工智能。

巨头群起逐鹿

2016年AlphaGo在媒体上引发的惊呼其实是舆论的后知后觉。回到2007年，人工智能领域巨擘Geoffrey Hinton早已察觉到“山雨欲来风满楼”。

当时他的一个学生在谷歌大数据的帮助下，将Hinton若干年前的研究成果应用于语音识别技术上，并取得了明显的成功。Hinton不由得感叹：“回顾过去，失败只是源于缺少数据量和计算能力”。

时间进入到21世纪的第二个10年，人工智能万事俱备，百舸争流的竞争时代开始了。自2015年以来，人工智能创业潮持续发酵。根据美国风投数据机构CB Insights发布的人工智能产业数据分析，人工智能投资额在2016年第一季度就超过了10亿美元，第二季度发生了121笔融资，而2011年同期只发生了21笔。2011年第二季度到2016年第二季度，人工智能方向上的投资额超过75亿美元，其中有60多亿美元都是在2014年后产生的。

《乌镇指数：全球人工智能发展报告》显示，2016年前两季度，国内新增60余家人工智能创业公司，投资金额达到6亿美元。在过去一年中，中国大陆在人工智能领域进行了202笔投资，共涉及10亿美元（约合人民币68亿元），市场规模庞大。

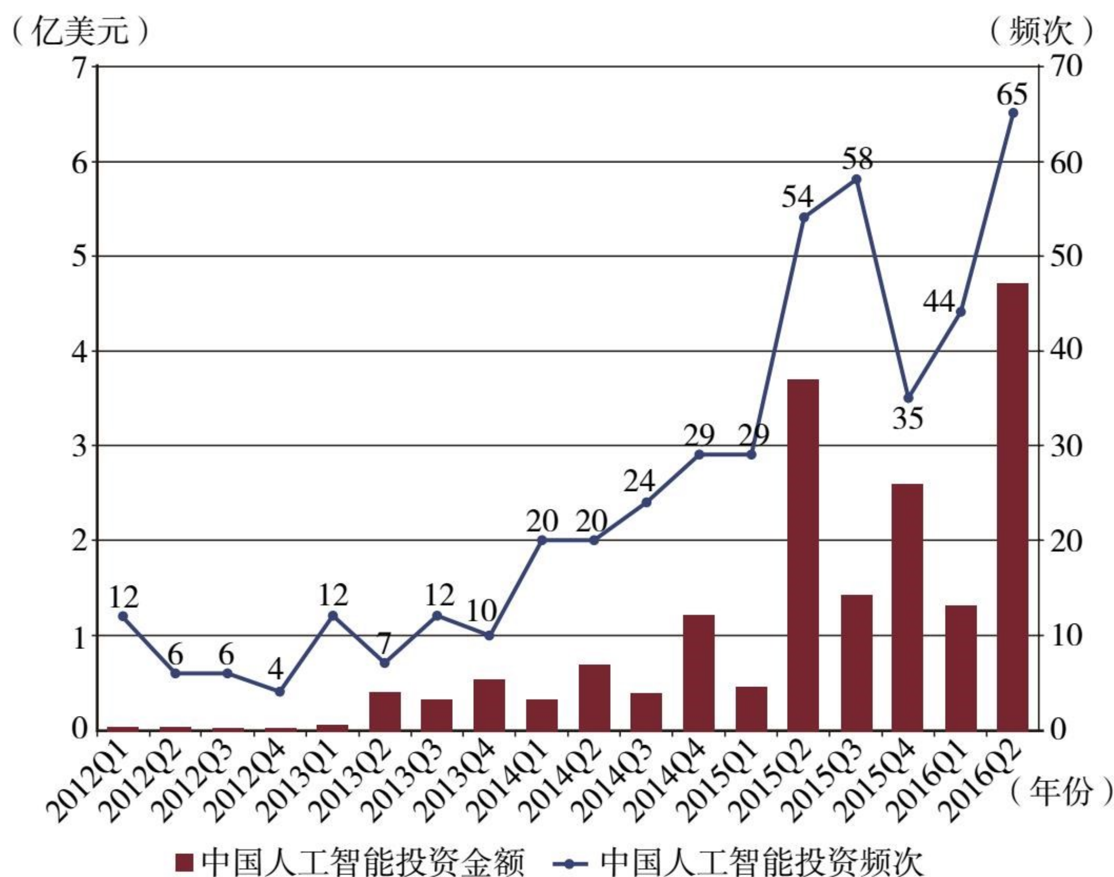


图1-3 中国人工智能投资金额和频次

资料来源：www.cbinsights.com

2016年，中科院副院长、中国人工智能学会副理事长谭铁牛院士说，2015年全球人工智能市场规模为1270亿美元，2016年当年预计达到1650亿美元，到2018年，这个数字将超过2000亿美元。

中、美、英三国是人工智能的发展重地。美国是互联网和人工智能的起源地，拥有得天独厚的人才优势，加上技术家底雄厚，科研经费庞大，使其在这个领域领先。除了谷歌、脸书、微软、亚马逊、IBM、苹果等巨头大举投入人工智能领域，还有大大小小近百家专注人工智能业务的公司。比如，擅长自然语言处理的X.AI公司，三轮融资达3.4亿美元。英国则继续老牌名校的辉煌，在制造业萎缩的背景下，将人才都聚集到人工智能领域。研发AlphaGo的DeepMind公司就是其中的代表。

亚马逊推出Alexa智能语音助手和Echo智能音箱，与苹果、谷歌、微软争夺语音入口。2016年6月，亚马逊总裁贝索斯在接受美国科技博主沃尔特·莫斯伯格（Walt Mossberg）采访时透露，亚马逊针对人工智能领域关键项目的投资已经持续了4年时间，“亚马逊从事这些项目的团队超1000人，你看见的只是冰山一角”。

2016年9月，微软宣布在执行副总裁哈里·舒姆的领导下成立新的人工智能研发事业群。他领导数千名计算机科学家和工程师将人工智能整合到该公司的产品中，包括必应搜索引擎（Bing）、小娜数字助理以及机器人项目。当年末，微软正式发布了可以开发聊天机器人的服务，并宣布将为埃隆·马斯克和创业孵化器Y Combinator的总裁山姆·奥特曼（Sam Altman）共同创办的Open AI人工智能实验室提供CPU服务。

脸书也拥有自己的人工智能实验室以及类似谷歌大脑的团队——应用机器学习事业群。这些机构的使命是在各种脸书产品中推广人工智能技术。用该公司首席技术官麦克·斯克洛普夫（Mike Schroepfer）的话说：“脸书约有1/5的工程师现在都在使用机器学习技术。”

AlphaGo的主人谷歌当然也不会只满足于下棋，其人工智能投入多年来不断膨胀。2012年，谷歌只有两个深度学习项目，2016年底这个数字突破了1000。目前谷歌从搜索、安卓系统、Gmail（免费网络邮件服务）、翻译、地图、YouTube（视频网站）甚至到无人车，都有深度学习的影子。

中国拥有庞大的业务应用场景、用户和数据以及基数最庞大的人才群体，进步很快。除了BAT（百度、阿里巴巴、腾讯三大互联网公司首字母缩写）、华为等巨头大力开发人工智能，还有很多垂直领域的人工智能公司涌现。2016年的各种互联网论坛上，不论是电商、社交媒体，还是搜索引擎，各家互联网企业的掌门人都在将话题引向人工智能，汇报着或大或小的成绩。

2016年，百度语音识别准确率达到97%、人脸识别准确率达到99.7%。作为百度大脑的云化，百度天算、天像、天工和天智平台相继向全社会全面开放百度大脑的技术和能力。

超强大脑汇聚

十多年前机器学习领域的少数坚持者，现在成了最宝贵的人才。人工智能浪潮兴起之后，在这个开源的世界上，除了数据，最稀缺的资源就是人才了。

人工智能背后的专业知识与数学、生物学等基础学科有极大相关性。人工智能科学家又是这些领域的翘楚，更显难得。但全国人工智能研究方向的博士生、研究生每年只有不到200人，而如今的创业公司多如牛毛，这个数字根本不够分。国内如此，国外亦然。2015年，优步直接挖走了卡内基梅隆大学国家机器人研究所140名研究人员中的40人，引起业界一片哗然。

以上还不是人才竞争的全部。从业者更为敏感的是学术领军人物的流向。最近两年，不少“学术明星”走出象牙塔，或跳槽，或创业，让人更真切地感受到风向的变化。激流涌动，宝贵的人才去哪里才能充分发挥自己的价值，这是个问题。

百度是中国人工智能产业的代表，大量顶级人才先后投身百度：王海峰加入百度前曾就职于微软，吴恩达从美国来到百度，张亚勤从微软来到百度，林元庆从盛产机器学习专家的NEC美国实验室来到百度、机器人小冰的创造者景鲲从微软来到百度、美国科技巨头中职位最高的华人高管和人工智能技术权威陆奇放弃微软副总裁职位加盟百度......同时，也有很多人才从百度出发，创造了自己的人工智能应用公司。百度本身就是中国在吸引和培养人工智能人才方面活力的缩影。

这么多人类的超强大脑汇聚，目的是要创造划时代的中国大脑。我们经历了PC时代，正处于移动互联网时代，即将迈入一个万物互联的超级智能时代。万物数据汇合，人类加以处理，就可能产生一种“超级大脑”的生态。百度正在打造这样的生态，宗旨在于像提供水和电一样让人工智能渗入中国人乃至所有人的生活中去，努力促使世界万物向“知化”注的方向发展。比如，百度大脑已经初步具有了自己的眼睛、耳朵、嘴巴和认知决策能力，总体来看，相当于一个儿童，但局部能力如翻译、语音识别、图像识别能力则大大超过人类。我们把这些能力开放给大家，供人们开发探索各种人工智能应用。百度大脑已经成为很多开发者的工具和人工智能的操作系统，促进了人工智能标准化的形成。这将全方位服务人工智能时代的企业、创业者和广大个人用户。

因此我们热切呼唤中国大脑，呼唤国家总体层面的深度学习服务器、算法、应用基础设施平台。中国大脑的形成，将是中国竞争力全方位升级的体现和中华复兴的强力加速器。

技术要做人类生命的延伸

说到人类的数据滋养人工智能，我想先来谈一谈我们的用户，谈一谈无数支持百度以及高科技互联网发展的消费者。

在今天，除了谷歌、微软和BAT这样的大公司，互联网和大数据技术的“去中心化”发展趋向，使得小企业、有才华的技术人员甚至广大用户都成为具有决定格局态势的力量。

美国在线成功的秘诀其实很简单，那就是发现人们最想要什么，然后提供给他们。它的成功还得益于强有力的市场宣传，树立了与用户友好的公司形象。总裁凯思在这里起了关键性的作用，他对电脑技术一窍不通，但从骨子里讲是一个买卖人，他的双脚深深地植根于大众当中。“我的世界的中心就是消费者，我们要成为互联网世界的可口可乐。”

14

图1-4 《硅谷商战》一页

我在《硅谷商战》里就强调了用户的重要性。在我们工程师的眼中，用户是一个严格定义的理性存在，用户需求—开发—反馈，是技术文档里的严密描述。但是互联网的发展不仅提供了技术服务上的方便，也提供了思想和情绪发挥的舞台。我们可以说，互联网创造了一种意见型用户。

我们的很多程序员、工程师都很享受百度对技术工作者的宽松环境，简单可依赖。技术员想法单纯，不善交际，醉心于开发出五花八门的产品。具有各种情绪的、活生生的用户和我们工程师的习惯思维不太一样。普通人生活中的点点滴滴以及商场上各种复杂多变的交易和情绪可能是我们实验室里工程师感受不到的。媒体人、公关人更能理解用户的情绪，我们的公关部门有时也会吐槽技术人员不理解用户心理，遇到问题常常以为修改了代码bug（漏洞）就好了。但是人情bug不是代码能够修补的，这对我们是一个触动。技术员与商人和普通用户的隔阂该如何打破，是我们必须考虑的问题，需要我们有更高的产品思想和跨界学习的谦虚心态。

我们对日常用户生活需求和人性的思考是一个持续不断的工作，需要持之以恒。但就这本书的主题来说，我们毕竟是工程师，我们始终不忘考虑如何用技术和数字满足用户的需求。我们要利用技术对数据进行精准区分并服务于不同用户。

数字化，这是从尼葛洛庞帝的《数字化生存》到凯文·凯利的《失控》和《技术想要什么》一直在讨论的趋势，也是技术人才念兹在兹的事情。除了工商、金融、农业、军事、科技数据以外，包裹我们的是生活数据。说到数据总会引起一些警惕，比如隐私数据会不会被贩卖？这个话题我们后面还要说，这里简单来说，人工智能眼中的数据绝不是低学历数据贩子眼中的身份证、密码等数据。今日人工智能重在从混沌数据里发现总体“模式”，进而优化生产、服务。翻译、语音识别和图像识别的进步就是最好的例子。这些混沌数据，经过人工智能识别规律，就会对人类产生巨大价值，比如从日常领域的语音识别到金融领域的征信防骗再到国家层面的反恐安全。

技术再好也要适应用户。产品端直接响应用户的需求，需要不断优化技术的表现形式。我们认为，好的人工智能要润物细无声，不能像电压不稳定的电源，不能像有污染的水。要不断提高准确率，优化产品细节。比如有的公司语音识别技术虽然不错，但是输入法整体设计不够方便，这就影响了用户体验。百度也有不成功的产品例子，需要和用户一起来改变。

数据和技术不是冰冷的存在，和好的人工智能方法结合，就会体现出人性的一面。

很多网民对图1-5印象深刻。这是2014年初在东莞“扫黄”之后，百度地图运用数据可视化技术，描绘出东莞与中国各地的迁徙线路热度。



图1-5 东莞8小时迁徙图（正月初十22点前）

注：使用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

有资深新闻编辑告诉我们，当时看到百度这幅图，瞬间感觉超越了新闻事件本身，有一种俯瞰人间的领悟。百度迁徙指数通过数据可视化技术反映了人类的命运和迁徙。数字时代的人群迁徙只是百万年来人类大迁移史诗中很小的一页，却是大数据时代具有历史性的一页。

我要说，这也是人工智能时代具有历史意义的时刻。这是智能地图技术对人类活动、人类命运的感知。人工智能本身尚无人性，但是结合开发者的创意、理念，就可以提供新的视角，甚至是一种别样的人性关怀。

计算机和互联网都是人工智能的身体，每个数据都是人类活动和人性的记录，人工智能因此终于像“灵魂”一样涌现而出，它是可以有人性的。

数据大道

有位哲学家说，人类是一种“在路上”的存在。百度积累了海量的地图数据，辅以设计师的智慧和各种精巧算法，可以描绘出人类的各种移动行为，感知人们在路上的生存状态。

百度地图每日位置服务次数最高突破720亿次，每一次都是人类的活动记录。图1-6是北京中关村一天的通勤记录的数据化展示，奔涌的交通热力图和节奏，仿佛这座城市的生命脉搏。

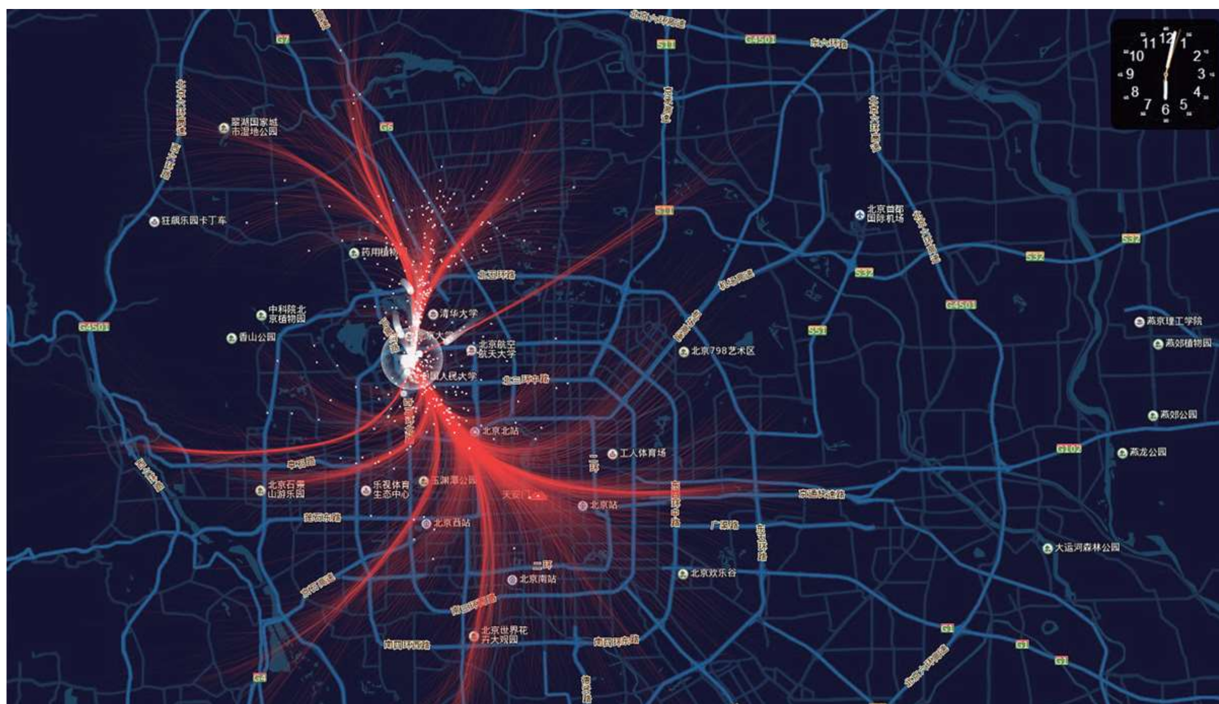


图1-6 北京中关村一天的通勤记录

注：使用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

地图之眼具有大视野，通过图1-7，可以感受到中国中部、西部地区的发展态势——西安、郑州、武汉、合肥与北京、上海、深圳等一线城市的联系越来越紧密。



图1-7 城市间交通热力排行图

我们这一代人都听过童安格的歌：“为了生活，人们四处奔波，却在命运中交错。”我希望在人工智能的帮助下，人类的轨迹不只是交错，还有交集，汇流成河，生生不息。

百度大数据实验室一位年轻的科学家是学生物学出身，之前在普林斯顿研究鱼群的运动规律，一看到百度迁徙图就决定回国了。他说，原来人的数据也可以像鱼群这样研究，而且更方便，所以他决定来百度工作。2016年，他和同事一起利用百度地图上的搜索数据变化状况，准确预测了iPhone（苹果手机）销售量的下降。通过数据，大数据实验室为各种城市生活、企业运营提供智能感知。

2014年交通运输部提出：要深化改革，务实创新，加快发展“四个交通”，加快建设市场导向、企业主体、产学研结合的行业技术创新体系，促进科技成果转化为交通运输生产力。着力建立多渠道、多方式的交通运输出行信息服务体系，初步建成综合交通出行信息服务平台，向社会即时发布出行信息，解决出行信息不畅等问题。

在此背景下，百度提出了“中国智慧交通云服务平台合作计划”，与交通运输部公路科学研究院、国家智能交通系统工程技术研究中心共同打造合作平台，依托交通运输部重点科技项目“基于云平台的开放式公共出行信息服务研究与示范”，激活现有数据，建立部省数据信息资源共享交换机制，促进政企间出行服务信息共享应用，并对全社会开放。

智能地图可以根据用户移动快慢测量道路的拥堵程度，还可以智能规避单双号限行路线。结合虚拟现实技术，可以让人身临其境般寻找路线。以交通大数据为基础，加上算法辅助，响应交通管理部门的需求，智能地图系统已经能为城市交通缓解提供解决方案，大大减少了交管部门的压力。

智能地图对地理数据的收集使得很多智能项目得以展开。达到厘米级精度水平的高清地图技术已经运用到无人车开发中。2016年世界互联网大会上，百度无人车在乌镇进行了公开测试和试运营。体验全程3.16公里，共经过3个红绿灯以及一次掉头，不仅面临人车混行、电瓶车穿行等多种复杂路况，还需应对中雨、薄雾、雾霾等多种天气状况。这个结果丝毫不落后于硅谷同行在北美进行路测的进度。这是无人车的一小步，但必将成就人工智能的一大步。

人工智能不是从天上掉下来的，正是从几十年来计算机网络技术和数据处理技术的进步以及人类的数据生活之中水到渠成的。百度搜索和百度地图的智能化发展就是这个过程的一个缩影。

人工智能既不是神话也不是笑话

如今各种大众媒体上关于机器人的新闻很多，凑热闹的也很多。比如前阵子有新闻报道，一个展会上有一台机器人伤人。其实那只是

一个教育辅助机器人，掉下台砸到人而已。还有某个墓园买机器人给守墓保安壮胆的新闻，那个机器人充其量是个玩具而已，恶搞成分更多。如果我们以科普的心态看待历史，就会发现人工智能既不是神话也不是笑话，而是从人类的劳动创造中实实在在生长出来的。我们不需要恐惧也不需要顶礼膜拜。

人工智能领域的科学家对技术的描述常常是直白而谦虚的。谷歌前工程师吴军说过，他在2003年的时候和同伴一起把谷歌的关键词搜索准确率大大提升，解决的一个主要问题就是，对于同义词或者近义词究竟该选取哪一种意思去搜索才能满足用户的需求。对于用户来说，如果搜索给出的结果不准确，用户就会换个近义词继续搜索，或者选择搜索结果中排名并不靠前的结果。这时用户其实亲自做了一个关键词搭配工作，系统会记录下用户给出的关键词搭配关系，现在要做的是更快、更优地反馈结果。他说："至于我们是怎么做到的，说起来可能会显得很没有技术含量，我们事先把多年来用户搜索过的关键词搭配都整理出来，然后在2003年美国独立日的长周末期间，有四天的假期，我们停掉了公司当时五个最大的数据中心中的一个，利用四天时间对每一个关键词的搭配做了特殊处理。这实际上就是一种穷举法。"[注]也就是把用户经常选择的词语组合关系固化下来，下一次用户再做类似搜索，系统就能更快、更准地给出结果。

其实机器翻译等领域的技术逻辑，跟上述搜索中应用的有策略的穷举法有异曲同工之妙。据《纽约时报》报道，2016年6月的一个星期三，在谷歌翻译部门的会议上，人们对百度发表在机器翻译领域核心期刊上的一篇文章议论纷纷。迈克·舒斯特（Mike Schuster）的一句话让会议室恢复了秩序，"是的，百度出了一篇新论文。感觉就像有人看透了我们做的东西——论文有类似的结构，类似的结果。"百度公司的BLEU分数（一种衡量机器翻译和纯人工翻译之间准确度的分数）基本吻合谷歌在2月和3月内部测试中取得的成绩。Quoc V. Le (夸克·维·

乐）并未感到不快。他的结论是，这是一个表明谷歌处于正确轨道上的迹象。“这个系统与我们的系统非常相似。”他安静地说。

Quoc V. Le是吴恩达的博士研究生，他可能并不知道，这篇论文的出炉与吴恩达并无关系，而是自然语言部门独立完成的。《纽约时报》对中国企业的报道当然是一扫而过。但吴恩达认为，国内部分媒体也需要改变习惯，不能总是下意识地认为什么技术都是外国更强，热衷于把后知后觉者当作突破者来报道，实际上人工智能领域很多领先创造都是中国人先做到的。

百度领先一年发布了基于NMT的翻译系统，谷歌在2016年也紧跟百度推出了类似的系统。所以这个领域最前沿的探索者的基本技术都差不多，最后就看谁的积累深厚，谁的优化做得好。

今天的人工智能思路与过去不同，变思维规则问题为数据问题和策略问题。过去人类总想为计算机设计出完美的逻辑，不断把人类的种种逻辑规则抽象成函数之后输入计算机里。现在的人工智能主要基于大数据基础和算法的进步。也就是说，今天人工智能的爆发恰恰建立在20世纪90年代末互联网爆发的基础上。有了互联网，数据才会大量产生。注意，这些数据不是用户自觉填写的数据，比如姓名、年龄、住址、爱好等，而是用户在使用互联网时自动产生的数据，比如每一次搜索、每一次点击就是一种数据，每一次移动轨迹也是一种数据。

中国已经是世界头号制造业大国，现在更需要的是提升“软实力”。精神、文化是“软实力”，计算和数据也是“软实力”。这样的“软实力”和传统产业叠加，也就是所谓的“智能+”。它将切切实实融入我们的生产、生活，看得见、摸得着。

非如此不可

问百度要做什么，不如问为什么一定要做？！

每家企业都有自己的战略战术。2013年，国内移动互联网创业风潮开始兴起，不少企业将巨额资金投入这个巨大的“无底洞”，体现了它们在战略上的勇猛。百度则着眼于战略的长远和科学。当时注意到百度全面发力人工智能的人并不多。今天，人工智能蜚声世界，有人感叹百度战略的超前和坚定。因为百度提前认识到互联网信息产业的本质，一旦下定决心，就坚决走自己的路，不在乎外人评判。为此百度多方布局，重点突破，当全世界都开始关注人工智能的时候，人工智能大格局上已经有中国百度立下的柱石。

我们没有让百度的人工智能去参加下围棋、预测歌手比赛结果这类活动，而是专注于发展内功，同时集中力量把人工智能转化为能够改善人类生活的实用性服务。我们不只把深度学习应用到语音识别、机器翻译和街景门牌号识别等少数领域，而是将深度学习成功应用于显著提升用户体验。

2013年，百度导航率先宣布永久免费，把中国带入导航免费时代。现在，我们把百度地图的数据接口开放出来，供人们开发使用。用户可以使用百度地图提供的定位技术和方案，相比传统GPS Tracker（全球定位系统追踪器）节省了大量成本。快递公司可以以此规划最优送货路线，游戏开发者可以开发类似PokermanGo（口袋妖怪）的位置游戏。我们开放百度大脑，让更多的人可以使用人工智能的眼睛、耳朵为自己服务。我们开放深度学习开发平台PaddlePaddle，让更多有志者可以创造属于自己的人工智能服务。我们也希望让非技术人员学会用数据智能优化自己的工作、完善自己的个性、追求自己的理想。

有很多高考考生想必已经使用过度秘机器人帮助自己选择高考志愿。在中国，任何事情都有很多人去做。在我读书的年代，人们把高考称作“千军万马过独木桥”。和地图数据类似，度秘机器人通过对千军万马的高考数据进行分析，通过深度学习技术响应并感知高考考生的渴望、焦虑，尽力给出自己的精准回应。在这里，人工智能记录的不是物理空间里的地图轨迹，而是学子成长的心灵轨迹。

20世纪90年代初我远赴美国学习计算机技术，当时有很多和我一样的年轻人，怀着用代码改变世界的愿望，候鸟般往来于中美。如果当时有一张数据地图记录这些跨洋轨迹，那会是很有意思的事情。如今人工智能科学家再次把火种带到中国，我相信这次火焰会燃烧得更热烈，因为中国大地有足够的燃料。中国受教育人口数量巨大，计算机和移动设备普及极快，大量的数据使得中国在发展和应用深度学习技术方面有得天独厚的优势。有了这样的优势，我们可以厉兵秣马创造20世纪90年代硅谷那样的传奇。

百度要做的事情不仅是前沿开发，而且要为用户提供数据基础设施，提供深度学习开发平台，网聚人的智慧。

在特朗普当选美国总统之前，有百余位硅谷精英发表公开信，认为特朗普当选将会是创新的灾难。这对我是一个触动，如果美国的创新真的受到影响，谁来接过旗帜引领创新方向？我们能把世界的创新中心从硅谷迎到中国吗？

人才确实在向我们涌来。百度还在硅谷成立了实验室，近身接触美国人才。百度提出的中国大脑计划堪比任何超级工程。回想70年前，顶尖科学家壮志满怀地从国外回到中国兴建伟大工程，这样的辉煌今天会再次出现吗？



图1-8 李彦宏在百度贴吧讨论

资料来源：http://tieba.baidu.com/p/4855363507

当然，必须注意到，那个时代的伟大工程往往依赖国家投资和产业政策。“冷战”结束后，国家竞争压力减小，尖端科技的投资也大为减少。马斯克去开发火箭，其实是国家把NASA（美国国家航空航天局）的火箭技术和团队转移给他。在中国，政府层面的决心和投入依然强大，在发展人工智能产业方面可谓上下同心。这是最好的时代，也是最不确定的时代。人工智能就是一种适应不确定性的方法。大大小小的公司投入人工智能研发，带来竞争和多元化，这应该形成良性的互动和生长。

人工智能的发展也将带来不确定性。美国白宫的报告已经在探讨人工智能对就业的冲击。美国硅谷的高速发展和中部制造业的衰落加大了国家的裂痕，一部分人享有进步成果，另一部分人被扔出历史航船而失去方向。百度要成为人才的方舟，中国企业则要努力打造人类的方舟集阵，让最广大的人群踏上智能时代的历史巨轮。

百度副总裁王海峰博士于2016年11月刚刚当选ACL（Association for Computational Linguistics，国际计算语言学会）会士，成为ACL目

前最年轻的会士，他也是该组织五十多年历史上首个出任主席的华人。评选委员会在给王海峰的评语中写道：“王海峰在机器翻译、自然语言处理和搜索引擎技术领域，在学术界和工业界都取得了杰出成就，对于ACL在亚洲的发展也做出了卓越贡献。”2017年初，在人工智能领域享有盛誉的科学家和高管陆奇加盟百度。这些都在预示着国际人才流动的趋势。中国千百位优秀的人工智能科学家要一起创造人类的未来。

未来已来：焦虑与梦想

不久前，亚马逊的“无收银员超市”引起“血拼族”的惊叹。这种特别的购物体验背后，则是“收银员”下岗的阴影。今天，当各种在线客服被机器客服代替，当速记翻译被语音识别代替，甚至当收银员、驾驶员、工厂工人、普通文书和律师都被人工智能代替时，人们该怎样迎接这个世界？政府和企业该为劳动者做怎样的支持？我们该怎么调整经济、社会生态结构，以适应人工智能时代？我们希望聆听普通人的需求。这也是我们人工智能团队共同打造本书的初衷。

硅谷有位和马克·安德森齐名的风投鬼才彼得·蒂尔。他是PayPal（贝宝）的创始人，善于把握技术大势，捕捉黑马。2016年他因为准确预测特朗普当选美国总统而再次名声大噪。他在2011年时说过：We wanted flying cars，instead we got 140 characters（我们需要能飞的汽车，结果只得到140个字符）。140个字符的推特（Twitter）一度热闹无比，但彼得·蒂尔清楚地看到互联网喧嚣背后缺少什么。他批评人类放慢了进步速度，嬉皮文化代替了进步主义，风投热衷于投资轻资产企业，其中大部分是移动互联网公司，如Airbnb（空中食宿）、优步之类，却对未来没有清晰的规划和信心。他认为“互联网+”时代人类在

比特层面进步大，在原子层面进步小。因此他果决地投资火箭、抗癌药物以及人工智能。

我同样认为移动互联网创业的喧嚣掩盖了我们所要真正追求的进步。百度要为自己的方向而奋斗，要为人类的核心能力进步做贡献。蒂尔说20世纪初的美国人愿意尝试新事物，敢于规划几十年周期的登月计划并去实现。然而现在人类没有这样的计划了，只有风投在到处寻找眼前的增值和及时的痛快。百度愿意幻想一个智能化的世界并去实现它，要让人工智能成为新的操作系统，不仅是计算机的而且是世界的操作系统，同时严肃思考和提前应对人工智能的挑战，最终让这个世界从此不同。所以我说一定要把这件事情办成！

智能革命是对生产、生活方式的良性革命，也是对我们思维方式的革命。巨大的机遇与挑战并存。以下我们将具体探讨智能革命的方方面面，详谈视觉识别、语音识别、自然语言处理等在深度学习基础上取得的突破性进展，并从制造业升级、无人驾驶、金融革新、管理革命、智能生活等多个维度，描绘即将到来的智能社会，进一步探讨人类应该如何应对人工智能的发展，与读者一起把握智能革命的脉搏。

---

1. 用来表示关于随机事件A和B的条件概率，其中P（A | B）是在B发生情况下A发生的可能性。
2. “知化”是凯文·凯利在《必然》中提出的一个观点，指软件吞噬一切，一切事物都将信息化，哪怕是一张桌子也可以上传自己的数据，如销售轨迹、使用频率等。
3. 吴军。智能时代［M］.北京：中信出版社，2016：179.

02

人工智能的历史使命：让人类知道更多，做到更多，体验更多

陆氏猜想

20世纪80年代是所有亲历者难以忘怀的理想主义年代，那时候中国全体人民追求科学进步，对知识如饥似渴。尤其在校园里，大学生读书如痴如狂。陈景润[注]一类的科学家成为很多人的偶像。

1987年，在复旦大学的校园里，有一个和陈景润一样瘦削、戴着大框眼镜的青年，每天背着一个很大的书包行走在校园里，精神抖擞，喜欢思考在外人看来很玄奥的问题，同学们都喊他“陈景润”。

毕业的时候，他在毕业纪念册上写下了临别赠言：

谨献上本人最新研究成果，与列位同窗惜别。

“陆氏猜想”：HI=>C∪HB

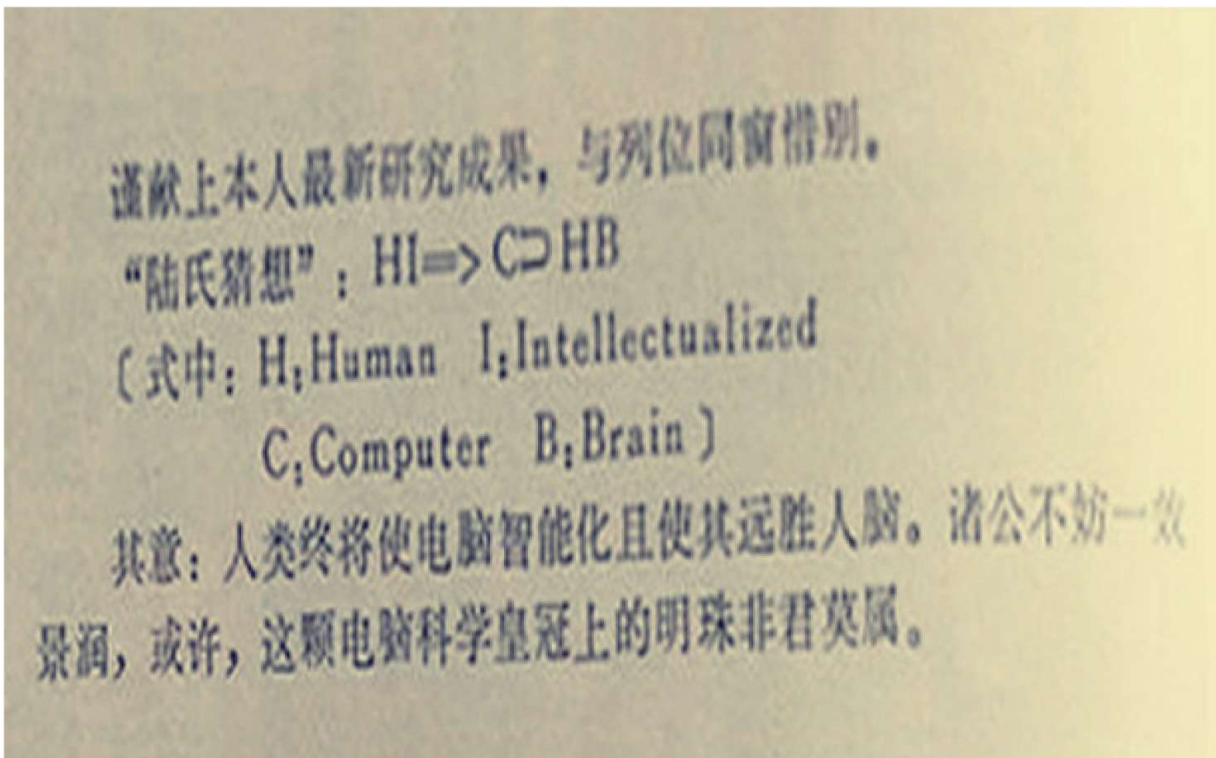
（式中：H：Human I：Intellectualized

C：Computer B：Brain）

其意：人类终将使电脑智能化且使其远胜人脑。诸公不妨一效景润，或许，这颗电脑科学皇冠上的明珠非君莫属。

他是陆奇，后来的雅虎、微软领导者，今天的百度集团总裁。

“陆氏猜想”当然不是一个“陈式猜想”那样的科学定理，却也不是一句戏言，今天来看，更像是一句超前的顿悟。30年前就写下这样的话，信心来自哪里？



谨献上本人最新研究成果，与列位同窗惜别。

"陆氏猜想"：$HI \Longrightarrow C \supset HB$

（式中：H：Human　I：Intellectualized

C：Computer　B：Brain）

其意：人类终将使电脑智能化且使其远胜人脑。诸公不妨一效景润，或许，这颗电脑科学皇冠上的明珠非君莫属。

图2-1 陆奇于复旦大学1984届计算机科学系毕业纪念册上的临别赠言

那时的陆奇只有一个朦胧的感觉："计算机给我们带来非凡的知识和体验。当时我们在计算机系写下棋程序，虽然是很简单的棋，给我的直觉就是，只要给我们足够的时间，以后一定可以做得比人更聪明，我当时有这样的直觉，所以我就这样写了。之后不久，我遇到一个难得的机会去卡内基梅隆大学计算机系深造。"

陆奇的个人信念是：知道更多，做到更多，体验更多。

从卡内基梅隆大学毕业时他写的是"Know more，Do more"。后来加了一句，变成"Know more，Do more，Be more"。因为他觉得"Be more"更重要，只是当时没有意识到。"Be more"也可以翻译成"成为更多"。人就是"在路上"，不断成为更丰富的存在。

就是这三个需求有机联系在一起，推动人类向前进步。人类的历史就是不断地去发现新东西，我们知道越多，就可以做到越多，我们

做到越多，就可以体验越多，生活就会越来越丰富充实。正因为体验更多，我们才会知道更多，这是一个正循环，是人类进步的主旋律。

计算机让我们“Know more，Do more，Be more”，而人工智能就是这个旋律的最新回响。从这个角度去思考，我们可以比较清楚地洞察人工智能从哪里来，往哪里去，它的本质和标准究竟是什么，有志于人工智能事业的人和组织到底应该做什么。

下一个浪潮

我们正在见证的是一个计算机和数字化崛起的时代，这是人类历史大潮中持久的、必经的一个过程。而人工智能是将大潮推向下一个高点的动力。它将开辟一个新时代，给我们的社会带来持久的、长远的革命性影响。这样的影响涉及产业、技术等经济、社会各个层面。但是说到底，这一次人工智能革命将让我们人类整体用完全不同的方式往前走，书写崭新的历史。

首先，我们需要了解“人类进步”的本质——我们为那些能让我们认知更多，实现更多，获得更多经验的事情充满热情地奋斗。

而计算能力的不断发展，正是遵循着上述人类进步的方向，成为人类进步的本质表现。尤其是在计算机编程出现后，人类的进步开始前所未有地加速。其核心模式包括以下关键步骤：人类捕捉宇宙中的各种现象，特别是通过有意地观察获得经验；然后通过计算，将信息有效地组织、处理、提炼，使人类对某个现象进行更深入和抽象的理解，形成知识；人类利用产生的知识认知来采取行动，与现象进行交互，最终实现我们预期的结果。

可以看出，以现代数字计算系统为基础，IT（信息技术）行业在创造数以万亿元计的价值时，正是从组织信息（Information Organization，IO，帮助人类认知更多）、完成任务（Task Completion，TC，帮助人类实现更多）、丰富经验（Experience Enrichment，EE，帮助人类获得更多经验）三个核心维度上使人类取得长足的进步。

而人工智能作为人类计算能力的又一次全新升级，仍然是从上述三个纬度推动人类进步。而且，由于人工智能是一种革命性的、更高级别的智能计算系统（Intelligent Computing System，ICS），它对人类进步的推动作用也是前所未有的、革命性的。

决定现代数字计算系统主要结构的是资源的组织形式。而人工智能计算的本质，简单来说，非常不同于冯·诺依曼的控制流结构，后者采用线性的记忆体和布尔函数作为基线计算操作。而新的范式是神经网络计算，其特征在于分布式的表示和激活模式。在这里，变量由叠加在共享物理资源（如神经元）上的向量表示，并且通过神经元的激活来进行计算。网络的拓扑架构和激活模式提供了巨大的计算空间，可以有效并且自然地捕获丰富的知识（通过拓扑的超参数、权重、激活函数）。相对于冯·诺依曼架构中的本地化表示（其中变量由诸如寄存器的专用或局部化物理资源表示）和符号计算，神经网络计算在学习和表示物理世界以及社会的丰富的语义知识方面更加自然和强大。

通过神经网络计算的力量，下一波的人工智能技术可以在以下两个维度提升目前的计算系统：

一是自动分层特征/表示学习。这是机器学习容量的实质性提升，因为当今机器学习工作的很大一部分关键在于特征工程。如百度大脑已经拥有万亿级的参数、千亿级的样本和千亿级的特征训练。

二是高级认知，特别是感知能力。这是下一代设备（如无人驾驶汽车）和下一代平台（如自然语言会话）产生的巨大催化剂。

人工智能计算的强大能力将有助于产生许多新品种的智能系统，如机器律师、机器分析师、医疗机器人、智能客服人员等。

人工智能计算的另一个发展方向是组织各种服务于特定物理架构和物理要素的系统，如家、办公室、工厂等的智能系统。其基本模式是通过使用物联网传感器的各种原始信号，人工智能的“感知系统”会对物理架构进行识别和感知；而“认知系统”需要组织信息和学习更多关于物理架构的知识，并去预测、判断和决策，以使各类物理系统更加智能。

目前，在科研领域，人工智能计算可以提供更先进的建模能力，成为多领域和新一波科研浪潮的催化剂。

在商业方面，人工智能可以提供额外的机会，为企业组织创建集成的业务计算系统（Business Computing System，BCS）平台。如记录业务对象（如系统设计模型、交易记录）和业务流程［如ERP（企业资源计划）、CRM（客户关系管理）］；或者系统设计并模仿人类工作活动，如沟通、协作、阅读、写作、寻求信息等。

目前来说，人工智能的“感知系统”有更广泛、更新的商业机会：一方面，可以构建和部署更多的“传感系统”的子系统，针对的是物理环境或物理系统，如装配线、工厂等。这使得未来人力密集的制造业、商业服务业等，可以采用更先进的信息工具和更强的自动化。另一方面，自然语言处理技术的迅速进步使得我们可以扫描和分析文本文档和信息，并从中提取各种高价值的业务知识，而构建和部署专用的“文本理解子系统”可以得到很多高价值的知识和商业回报。

人工智能“认知系统”的成熟代表了智能时代更长远的未来，所有的行业、职业、社会系统、生活方式都将被重塑。如果数字化社会可以概括为“信息就在指尖”，那么，人工智能时代的本质可以概括为“知识无处不在，任何交互都是智能的。”

这个浪潮对大多数人来说无疑是巨大的机遇。

对商业机构来说：好消息是它们将有许多提升、转化和进入新的增长领域的机会；坏消息是当大浪潮席卷时，没有谁可以岿然不动，如果你没有抓住前进的机会，你就会落后，甚至被时代抛弃。

对企业家来说，仅看一看“巨大市场机遇”的列表，就可以发现许多创造未来商业巨头的机会，彰显企业家精神的智能创业的历史机遇就在眼前。同时，属于智能时代的新的企业领袖也将由此诞生。

对投资人来说，睁大眼睛去发现一个属于智能时代的种子企业，支持它成长为未来的企业帝国，并获取巨额回报的机遇真的来了。

对于国家或政府来说，每一次巨大的技术革命，总是伴随着国家命运的兴衰交替。总有一些国家或政府能抓住历史赐予的机会，一跃而上，赢得一个相当长时期的昌盛国运。要想抓住这样的历史机遇，国家或政府层面决策、政策的前瞻，战略投入的坚决，路线执行的科学有效，都至关重要。

当然，当越来越多的人感知到了人工智能的浪潮，越来越多的创业者投身于这个浪潮时，也难免会有浪潮将起阶段的困惑。

在硅谷，大家都说以后要投资的都是AI+X。比如有一家专投人工智能的投资公司，纽约市前市长布隆伯格是其合伙人（LP），看了几百家公司，看得有点晕了，因为所有的创业公司都在宣称自己是人工智能的公司。对这家投资公司来说，首要的问题就是，如何来进行鉴

别，以便有针对性地投资。这促使我们开始深入思考，人工智能企业的标准是什么？哪些是真正的人工智能公司，哪些不是。

衡量人工智能的现实标准

人类历史上，每一项新技术的出现，必然会伴随着各种探讨、反思甚至针锋相对的争论。面对人工智能这一带有全局性、革命性的技术浪潮的逐步兴起，人们的兴奋、质疑以及顾虑就更加多元化。其中有的比较感性，比如讨论人工智能会不会代替人类。这其实是在用人工智能与自然智能（Natural Intelligence）进行比较。

对于自然智能，有各种各样的研究和著作，包括有人提出人脑内部的机理其实是量子计算。对于人工智能，目前还没有一个大家都能够接受的定义。在这个阶段，没有必要去过分追求哪个标准定义比较正确。我们不妨务实地来讨论：现在的技术能允许我们做出什么样的智能体系。

有两种类型的计算系统被人类叫作人工智能。

第一种，本质上相当于“智能计算系统”（ICS）的子系统框架。它将数据作为输入，从数据中提取信息并建立模型，将我们关心的某些现象转化为知识。我们称这种类型的人工智能系统为“通用智能系统”（General AI），并定义“通用智能”的意思是一台机器获取知识和实现目标的能力。

第二种，指具有类似人类的认知能力，能感知（“看”“听”“感觉”），它们可以越来越多地推理和计划，它们可以用感觉运动控制移动。我们称这种类型的人工智能系统为“认知智能系统”（Cognitive AI），是具有感知、推理、规划和感觉运动控制能力的机器。

人工智能系统的另一个二分法是“狭义AI”（Narrow AI）和“广义AI”（Strong AI）。“广义AI”是使用相同的算法来解决一大类问题的系统。原则上，“广义AI”系统可以学习和适应以解决新的问题，而无须人为干预。“狭义AI”系统使用特定算法来解决特定问题，如下棋、识图等。

总而言之，表2-1是对人工智能系统状态的概述，并且是一个务实和可行的定义。

表2-1 人工智能系统状态

人工智能的定义	狭义 AI	广义 AI
通用智能系统	智能客服	未来的搜索引擎，百度
认知智能系统	无人驾驶	DeepMind 公司

智能计算系统与大数据是直接相关的。任何数据都有产生的缘由，都有产生数据的体系和系统，这就是为什么数据会产生，数据的核心是知识。

通用人工智能系统的核心能力就是通过运用算法、计算体系，把知识从数据里提取出来。一旦有了知识，我们就可以做很多事情。我们可以预测，可以解决自动化问题，可以解决任何需要解决的问题。因为知识告诉我们人有什么需求，社会有什么要求，有了知识我们就可以找到答案。所以，人工智能发展的第一个层次就是通用人工智能。

最近几年深度学习的突破主要是在感知层面，特别是视觉和语音识别，还有自然语言的理解。但这只是起步，接下来要做的是认知上的，因为感知只是把外部世界通过光感、声音的振动，或者语言的交流，变成可以被系统识别的符号。最重要的还是理解它的意义是什么。系统看到一幅图片，可以知道有什么样的物体或人在里面，他们在做什么事情。

目前几乎所有能见到的做人工智能的公司可以分别放在四个象限里面。大部分公司做的其实是“狭义AI”。“狭义AI”只解决一个问题，或者解决一个到两个比较窄的问题，下围棋、打牌或者开汽车都是“狭义AI”。与之相对应，“广义AI”用同样一个系统，可以解决所有的问题，那就与人的智能类似了。“广义AI”是人工智能发展的长期目标，其真正实现至少还需要二三十年的时间。

现在，百度、谷歌、微软、脸书等公司都在朝着“广义AI”的方向努力。判断人工智能的能力，或者判别是否真正是人工智能的标准仍然是，人类是否因此知道更多，做到更多，体验更多。比如，百度基于海量的搜索数据做的很多技术分析，以前靠人去做几乎不可能，而现在通过人工智能计算技术，我们得出了许许多多前所未有的知识和结论，人类因此而知道更多，也能因此去做很多前所未有的判断，去实现更多不可能的功业。如具有代表性的无人驾驶技术、自然语言交互技术，使得人类的运动方式、感官方式都在逐渐发生变化。以前人类用眼睛来看、用耳朵来听，以后我们可能不需要眼睛也可以看到，不需要耳朵也能听到，人类将逐步拥有新的感知方式，也将体验崭新的世界。

因此，一切做人工智能的公司是否名副其实，都可以从以上角度来衡量：它属于四个象限中的哪一块？有没有实力让人类和机器一起知道更多，做到更多，体验更多？

美国和中国都有很多公司说自己是人工智能公司。有的公司说云计算是人工智能，有的说大数据是人工智能，但这些都只是人工智能系统的一部分，最终判断人工智能实力的是大数据、云计算、算法、训练时间及其总投入以及软硬件综合实力等。

这种实力不是一蹴而就的，也无法一概而论。地上本没有路，在披荆斩棘的道路上有不同的角色，也有不同的站点，每个人、每个企业达到的程度都不一样。有人刚起步，有人身后已经留下大片果实。

百度大脑可以看作人工智能综合实力的一个典型，对它的能力分解，能使我们更明晰人工智能行业的入门门槛及基本标准。如果一家号称人工智能的公司以下能力皆不具备，那只能说这家公司还没准备好真正进入这个领域。

百度大脑是硬件基础、数据基础和算法能力的紧密结合，是云计算、大数据和人工智能的三位一体，是百度技术战略的核心。云计算是基础设施、大数据是燃料、人工智能是发动机，联合驱动着“互联网的物理化”，将数字世界的互联网技术和商业模式又送回到物理世界，全面改变社会。

云计算，名字在云端，却是百度大脑最底层、最实体的部分，是IaaS（Infrastructure as a Service，基础设施服务）。

百度大脑的超强计算能力就来源于这一层，是高性能计算硬件的集团军。这个集团军拥有数十万台服务器，并且采用先进的集群操作系统来统一管理，堪称人工智能超级计算机。

为了深度学习训练的需要，百度自主研发了GPU和FPGA（现场可编程门陈列）异构计算服务器，单机可扩展至64块GPU/FPGA卡，对比传统服务器密度提升16倍，一台服务器即可完成千亿数据模型训练；百度开创性地研制了基于FPGA的人工智能处理器，提供10Tops的计算性能，相对主流的20核服务器，计算效率提升60倍，在人工智能和大数据应用上，可以达到普通服务器4~8倍的性能。

但百度的优势不只是单台机器的优秀，更在于优良的系统，优秀个体的集成形成强大的总体作战能力。针对GPU集群的智能调度和资源管理系统，可以实现计算、存储和网络资源的池化管理和动态调度，计算集群整体效率和平均使用率达到80%。将异构硬件用于线上产品，用户请求时延降至1/5，计算效率提升数十倍。

这个系统涵盖了国内最大的GPU/FPGA集群（全新的芯片技术），最大的HADOOP/SPARK集群（全新的并发数据处理技术）和运营效率最高的数据中心［全新的异构计算技术、整机柜服务器技术、100G RDMA（远程直接数据存取）通信技术和运维技术］，可谓马力十足，提供了开发人工智能所需的计算能力。

它同样燃料充足。基于多年服务于大规模业务，比如通过搜索和视频技术，百度积累了大量的数据：万亿级网页数据，数十亿次搜索数据，百亿级视频、图像和语音数据，百亿级定位数据等。数据就是人工智能算法的燃料，是发展人工智能的又一基础条件。

让硬件与燃料结合的是优秀的算法和模型。百度汇聚了全球顶级科学家和工程师，在理论和实践方面持续创新，搭建了全球最大的深度神经网络，支持万亿级参数、千亿级样本、千亿级特征训练，神经网络层数远远突破100层。

硬件动力、数据燃料和算法灵魂的结合，才产生出百度的PaaS（Platform as a Service，平台服务）。百度PaaS与众不同之处在于，人工智能作为一种横向的服务贯穿全平台。通过深度学习和机器学习技术，结合超强计算、海量数据和优秀算法，在语音、图像、自然语言处理等方面拥有杰出的能力，打造出独特的知识图谱、用户画像和商业逻辑，并且向用户全面开放。用户可以非常方便地使用各种算法模块、开发工具、数据引擎为自身的商业目的服务。我们形象地把不同的平台称作天算、天像和天工，分别针对智能大数据、智能多媒体和智能物联网这三个领域提供服务。

在最上层的SaaS（Software as a Service，软件服务），百度的人工智能很容易凝结成许多垂直行业解决方案，渗透到各行各业。但我们更追求与合作伙伴一起打造智能产业生态，例如教育云、金融云、交通云、物流云等。我们认为，对智能产业生态的构建能力也是判定人工智能价值的重要标准。

在硬件、数据、算法之上还有一个重要的衡量标准，那就是人工智能企业的文化，即人工智能企业的“软实力”。搜索技术是人工智能的先驱，也是最早的互联网数字化世界的门户，其开发流程和技术核心为未来的人工智能奠定了基础。首先，搜索引擎必须与很大规模的数据打交道；其次，搜索引擎必须同时有大规模的机器学习，人工来做是不可能的事，因为数据规模太大了；最后，也是最根本的一点，搜索引擎的开发流程和工程开发文化与人工智能系统的开发是非常吻合的，都以数据为主，通过抽取其中的特征、模式，然后用这个模式给用户带来价值。人们在搜索业务中结成的协作关系，形成的业务能力和工作习惯，都很适合人工智能业务发展，与海量数据一样，积淀为人工智能企业的文化。所以陆奇在微软的做法是，培养人才先从Bing开始。你做过Bing，你到其他什么部门都可以做，那些技术在搜索看来都是很简单的技术。这个文化当然并不完美，但正如神经网络一样，可以在正确的方法指引下不断发展完善。

人工智能+世界

和前几年讨论“互联网+”一样，人们现在开始讨论“人工智能+”，“+”商业、工业、医疗、教育等。如果从“知道更多，做到更多，体验更多”的角度来看，人工智能对世界的改变是根本性的，也就是说，这是一个“人工智能+世界”的问题。

首先，智能革命对于每个人的日常生活都会起到非常深远的影响。举一个简单的例子，由于人工智能突破性的发展，我们与计算器件的交互形式会更进一层。

以前的人机交互都是通过鼠标和键盘，微软发展到今天的规模，也是通过鼠标、键盘和GUI（Graphic User Interface，图形用户界面）这个人机交互的创新。苹果和乔布斯对这个世界最大的贡献是改为用

手指来交互，从而改变了世界。而人工智能时代的改变更大，人类将可以用自然语言跟任何器件交流。

自然语言是最有效、最普遍的一种交流形式。人和人之间就是用语言交流，最自然，应用也最广泛。人机之间自然语言交互的实现，意味着人类将不需要了解每一项应用，每一个产品也都不需要学习该怎么去用，直接操作就好。因为，未来汽车是可以跟我们直接交流的，房子也是可以跟我们顺畅对话的。

我们已经看到了这种智能交互的雏形，比如一些智能助手系统的逐步落地。在美国，人们通过亚马逊智能音箱，把房子变成智能系统。在中国，百度的度秘团队也在这个领域做了很多前沿探索，我们有机会彻底改变日常生活中的人机交互方式。

人工智能将极大地加速人类的创新步伐和创造社会价值的效率，改变社会的规模也会和过去完全不一样。人类进步的每一次革命性进程，都是从发现新的知识开始。无线电是这样，互联网也是这样。而未来知识的发现模式会发生根本性改变。以前，人类去思考、去发现现实世界的规则。数字化世界到来后，借助人工智能的数据处理方式，人和机器将共同发现新的知识。这就意味着，人类创造新的企业，创造新的社会进程，改变世界的速度将焕然一新。因为人类"知道更多，做到更多，体验更多"的进程大大加速了。

最后，人工智能将带来一场新的工业革命。为什么很多人认为工业4.0以后，人类将进入数字化社会的新阶段？就是因为，智能系统将有能力在现实世界里提取数据，抓取知识，进而更好地帮助人类感知和认知现实世界，也将从经济、社会、文化等层面广泛而深刻地改变现实世界。我们确实处在一个非常振奋人心的时代，跟早期工业革命非常类似，但是人工智能比工业革命对社会的影响更广、更大。

传统的制造业基本上以器械、电器和电力为主，其生产流水线基本上要用很大规模的投资来建立，后续很难调整。比如一家汽车制造厂，要重新建立一条生产流水线，成本很高，花的时间很多。当数据智能、自动化、精准预测对制造业的改造完成之后，后者的面貌将焕然一新。未来的制造业生产流程将是模块式的，全部是数字控制。当一家汽车制造厂要调整生产，制造另外一种样式的汽车，它不再需要重建生产线，而只需要把新产品模块的接口（API）调过来就可以了。这将彻底改变制造业基础，制造业效率也将会极大地提升。

这个改变的核心是数据和知识，即制造的流程、制造的工艺、制造的设计，制造的每一步都会用数字来控制。

再比如制药行业。以前一款新药的诞生要经历长期的研发过程，去发现某种方式对某种病症有效。未来借助人工智能计算技术，将庞大的基因数据与海量的健康信息结合起来分析，人类可以很快发现规律，找到个性化的基因药物。

从国家层面，人工智能给中国带来的不光是整体竞争力的提升，还是一个超越他国的天赐良机。中国是制造业大国，数据量的庞大规模无出其右，也就意味着我们有机会提取比别人多得多的“知识”。你懂的比别人多，看的比别人多，能做到的就比别人多，你就比别人强大。智能时代，在国家竞争、产业竞争中，掌握更多“知识”也就可能使自己立于不败之地。单从制造业来讲，如果中国能把握住这个机会，完成真正的智能化升级，其他国家是没有办法跟我们竞争的。但是智能制造具体怎么去实现，需要整体的战略考量。



图2-2 DNA测序猛增(注)

资料来源：nature.com

中国的优势与我们的责任

目前，美国和中国是在人工智能方面发力最大的两个国家。

人们习惯于把百度和谷歌放在一起比较，这也可以看作中美比较的一个缩影。我觉得两家公司有很多类似的地方，因为起源都一样，公司层文化有很多类似的地方，百度在中国的优势跟谷歌在美国的优势也类似。

两家公司也有不同，百度的创新空间和在某些领域的创新速度可能比谷歌更大、更快，这源于中国的国情与美国的国情不一样。

移动互联网在中国的创新程度在很多层面已经超过了美国。

比如，手机百度在信息流方面的创新，用人工智能核心技术可以把信息找人做得非常精致。在移动互联网上做这个事情，百度创新的机会比谷歌在美国要多，因为两国IT工业的格局不一样。还有金融

业，百度金融可以依托中国市场和数据的优势，用人工智能技术对金融业做一个革命性的提升。但在美国，金融业相对“壁垒森严”，谷歌要切入金融领域就很难。

再比如，在无人驾驶汽车方面，谷歌、百度都是世界第一梯队，现在谷歌在这个领域稍稍领先于百度，但未来不一定。因为，中国的汽车制造厂家很多，拥有更开放的合作环境，与百度这样的人工智能企业联合起来，创新的机会就非常多，创新的速度也就会更快。反观美国，汽车制造商就集中在底特律那么几家企业，人工智能企业找上门去跟它们合作就很难。

总之，无论是无人驾驶汽车、金融、医疗，还是整体制造业，中美都面临智能升级的节点。但是，中国的宏观环境给百度这样的智能企业的机会和空间要比谷歌在美国获得的更大一点。

那么，在这场波及世界的浪潮中，百度应该承担什么样的责任?

在美国，IT工业体系一般就靠五家公司：苹果、谷歌、脸书、亚马逊、微软。支撑企业不是一家，而是带动了一波企业，扮演的是一个生态系统的领军者的角色。

在人工智能时代的背景下，百度是一家支撑企业，有这样一个机会，因此要争取对中国乃至世界的智能革命做出更大贡献。

具体来讲，战略上我们要以“赋能”来定位。百度首先是中国的，百度大脑要做探路者和奠基者。百度的智能云是提供给所有行业的，对任何行业都将起到促进、赋能、带动的作用。

作为国内人工智能的先行者，百度已经在多个维度上创新开拓，同时逐步形成自身智能生态的雏形。

比如，医疗和教育是人工智能应用潜力非常大的领域，因为其本质都是数据问题，高级教师和老医生一样，能力来自经验（数据）积累，未来我们可以让机器自动分析数据，辅助医生对症下药，辅助教师个性化施教。医疗或者保健能让人的生活更健康，教育能给人更多的知识，因此，人工智能在这两个领域的社会应用价值巨大。

另外，还有无人驾驶领域。无人驾驶也是通过感知、认知、知识获取来实现。目前，无人驾驶汽车真正商用还需要一点时间，但是一旦商用普及成功，对于整个社会的改造会非常大。因为这不光是汽车和交通问题，一旦有了无人驾驶机器，它可以自己行动，自己联网，就会带来很多不同行业的改变。

人工智能的实践范围如此之广，人类很少有这样一个机会，可以彻底改变、改造当下的一切。当然战略落实要一步一步走，方向要坚定，步伐要稳健。

企业挑战：如何落地

在工作态度上，陆奇常说："Head above cloud，Feet on ground"，就是脑袋要在云端之上，才能看得远，看得清，但是你的脚必须要踩在坚实的大地上，一步一步向前迈进。

做人工智能事业要跨越的第一个障碍就是如何落地。人工智能意味着一个非常大的改变，时间会很长。要落地的话，首先必须找到非常好的、实际的用户体验，就是能给用户带来实际效益；其次，场景必须清楚，智能助手也好，无人驾驶汽车也好，信息找人也好，一定要有实际的用户体验价值；最后，还要找到商业模式，不然就没有可持续性。

所以重要的挑战在于，是否能够找到落地的用户体验和实现用户价值的场景，然后找到适合的商业模式，建立一个创新的循环。即数据—知识—用户体验—新的数据。找到这样一个循环往复的流，人工智能事业就可以像滚雪球一样往前滚。

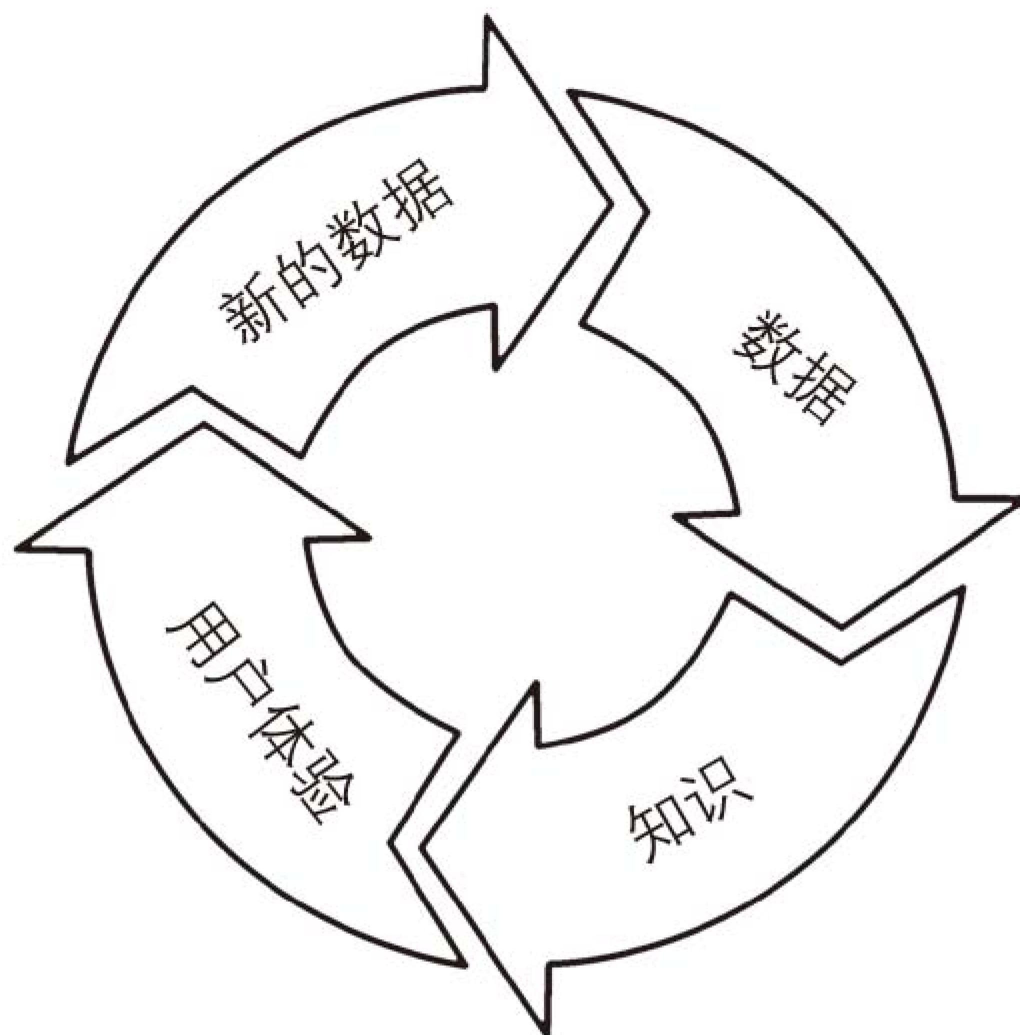


图2-3 人工智能创新“飞轮”示意图

最重要的是每个公司的CEO（首席执行官）一定要重视人工智能，这是起步。然后必须投入一定的资源，包括雇用真正懂人工智能的人和能帮助做决策的人。公司可能是做零售业的，可能是做制造业的，也可能是做旅游业的，要按照自身业务的情况制定有效的智能化

战略，然后坚决执行。要赋予执行者足够的权力，通过有效的战略分解，把智能化落实到具体业务上。

我们不妨以“工作引擎”模式来分解人工智能战略的落实步骤。

首先，要根据人工智能浪潮的推进方向，重新梳理企业的定位，根据企业要在人工智能时代抓住的机会，设置新的发展方向，确定崭新的使命和愿景。

其次，根据企业新的定位制定智能化战略蓝图。这就需要企业领导层对公司在即将到来的人工智能浪潮中的愿景进行定位，对“进入什么”和“退出什么”做出取舍，进行投注。

在制定“进出”决策时要遵循一定的原则。硅谷咨询专家Geoffrey Moore（杰弗里·摩尔）的层次结构框架是评估人工智能浪潮的一个很好的例子，其中的关键是进入高增长的类别，跳出低增长的类别。人工智能浪潮将创造新的、有巨大增长潜力的类别，如无人驾驶汽车、机器人、回声设备、对话系统；同时，人工智能也可能给某些行业带来阻碍，因为新的人工智能驱动产品可以用某些方式取代原来的在位者，如新的人工智能硬件+软件堆栈可以使基于旧的HW堆栈的投资受损。一个好的做法是制定包含新的高增长类别、重新增长类别和逆风类别的完整列表，以便领导层可以做出系统性和原则性的决定。

接下来是对产品的出发点做出区分，如产品是否“拥有价值和无与伦比”。需要强调的是，在人工智能时代，企业能否保持差异化，关键在于是否拥有独特的数据资产（它带来独特的知识）。

下一步是理解不确定性、风险/回报和时间表，以进行投注和管理进程。“地平线模型”是一个良好的框架，可以用于制定决策和组织投资组合。大致做法如下：H1时段（未来18个月）围绕目前的核心业务展开；H2时段（未来18~36个月）投资于创造盈利引擎；H3时段（未

来36个月+）致力于具有更大潜力但风险更高的长期投注。人工智能浪潮提供了一个非常丰富的H2时段和H3时段的机会，一些人工智能投资甚至可以帮助提升H1时段。总的来说，人工智能处于非常早期的阶段，有很多未知数和不确定性。要想真正深入理解人工智能，有原则性和务实地做出决定非常重要。

在企业人工智能战略的执行阶段，首先要坚持“结构完整性”原则，即在产品体验、技术架构以及商业模式上要连贯一致。如果你正朝ICS（服务器/客户端架构）方向改变，或者投资于“自治系统”，那么技术决策需要与产品和商业决策同步。

其次是企业要紧跟人工智能浪潮的技术路线图，与当前飞速发展的深度学习技术同步是必不可少的。

对于人工智能行业的领军企业而言，就需要可以改变世界的愿景、世界级的技术远见、强大的科研团队和研究议程，这些需要与我们的企业愿景智能技术的呈现和产品开发相一致。DeepMind、谷歌、百度以及一些积极进取的先驱企业都表现出这个共同模式。

在这个阶段，更新研究机制也是必不可少的步骤。因为，传统上，IT行业以及学术界并不擅长将研究成果商业化。最近的OtherLab或OpenAI以及其他一些人工智能的初创企业正在积极招聘研究团队，这是一个新的趋势。有许多工作需要各类组织（大学、早期生态系统、大型企业、培训和研发机构）协同制定出结构化的和可持续的解决方案。

投资力度是企业亟须考量的重要因素。随着智能革命的不断深入，人才争夺战不断升级，导致发展人工智能的成本不断提高。一些初创企业能够筹集大量资金，是因为长期的投资回报是非常巨大的（高风险/高回报）。制定投资规划的关键在于排列资源的优先次序以及一个能够反映人工智能风险的深思熟虑的决策过程。

所有客观条件逐渐汇聚之后，人就成为决定性因素，其中领导才能是一个深远且难得的要素。鉴于人工智能浪潮基于与以往完全不同的核心技术（以神经计算为核心），它需要高层管理团队的高级管理能力。同时，人工智能驱动的新兴行业是如此多样化和跨学科（从基因学到机器人，凡是你可以想到的），因此企业需要一个具备创新精神的人（虽然这并不容易，因为今天的社会生活在很多领域都是非常专业化的）。微软研究院首席研究员Bill Buxton（比尔·巴克斯顿）提供了解决方案，即为高级管理层建立一个充满创新精神的团队。

值得指出的是，人工智能创新飞轮的核心是数据—知识—用户体验—新的数据的反馈循环。对这个反馈循环的容量和速度进行优化是规划中非常重要的一环。

最后要强调的是，居于战略核心的是基于当前的现状和推断积极设定目标，以及展开可以实现目标的行动。

需要什么样的宏观环境

企业与科研机构的工作离不开良好的宏观环境，正如中国大脑计划是对国家整体层面智能基础设施的呼唤。迎接人工智能时代的到来，也需要政府通过宏观规划创造适宜的土壤。

第一，要确保数据的获取途径畅通。数据越来越成为很多组织的战略资产，可被视为一种新型的“自然资源”。特别是对政府而言，可以通过政策的制定获取数据并公开，以此激励更多的创新。

第二，要有开源的工具和平台。人工智能浪潮需要一个新的硅+软件堆栈，在早期，这类似PaddlePaddle这样的开源工具和平台，其能被开发者和创新者使用是非常重要的。展望未来，我们需要不断降

低参与的障碍，并系统使用更多的工具和更多的模块。就像AWS（亚马逊云服务）使计算更容易一样，一些AI-as-a-service（人工智能服务）也可以让人工智能技术更容易被获取。

第三，创新者可以迅速将产品的市场条件和政策体系培育给用户，这也是非常重要的，因为创新的飞轮需要“数据—知识—用户体验—新的数据”的快速反馈循环。

第四，鼓励持续的应用性研究。在人工智能浪潮初起阶段，持续的应用研究特别是开发可以从数据中获取知识，创造智能体验的ML（机器学习）算法是这个变革飞轮的核心。在这个阶段，所有人工智能企业努力的重要组成部分就是拥有持续的应用研究。

第五，上述几点势必会引出人才的问题，教育和培训出更多可以设计、实现机器学习算法并成为数据科学家的人才是一个关键因素。

最后，通过新的结构化方法，把公共世界的信息和知识变成有组织的素材，并可获取，这对于许多企业的人工智能创新至关重要。

智能社会的文化和长期管理

这一波人工智能浪潮需要几十年才能充分发挥作用。雄心壮志和改变世界的投注需要足够长期的投资。所以，有目的的长期管理在人工智能浪潮中扮演了一个重要角色。这将是一种遍及全社会的商业和管理文化的变革。

具体而言，这需要执政者建立并获取一个更大的“许可信封”，使管理团队有较长的时间跨度来培育大赌注（通常是从0到1的赌注类

型），这也日益成为高层领导任期职权的一个重要组成部分。马斯克就说过：“如果创新失败，不应该受到惩罚。”

对那些受人工智能浪潮影响而需要进入新格局的公司，整个组织的更新和改造非常关键，而高层领导团队需要面对和管理这种变革。

与长期管理相关的一个因素是创造新的组织结构，使其成熟，以便容易适应人工智能带来的改变。Alphabet（谷歌重组后的“伞形公司”的名字）便是其中一个最早的尝试。在这方面，中国企业的管理创新做得比美国更多。

另外，文化是一个组织的持久力量，它是可以超越几代的领导力和商业活动。对于许多成熟的企业（如谷歌、百度），进入人工智能浪潮代表着一个重大的挑战——需要获取新的人才、新的技术专利以及创造与之相应的新文化。保持积极主动，有耐心，并且执着是极为重要的，因为文化转型是一个成熟企业最具挑战性的工作之一。另外，需要一提的是，相比学习人工智能的新方法，更困难的在于忘却旧模式下的工作方法。

由于我们正处于人工智能浪潮发展的初级阶段，招聘并维护人工智能领域的专家对管理者来说是非常重要的。

总体上，有目的地进行长期管理是抓住任何重要机会而不仅仅是人工智能浪潮的关键。如何调整结构来吸引更多的资金和人才以及放置更多的改变游戏格局的赌注，对企业领袖而言都是一个有趣且极具挑战性的工作。面对更深刻、更有趣、更具挑战性的问题本身就是人类进步的标志。

人工智能技术目前的发展状态

人工智能、深度学习方面每天都有新研究、新文章出来。今天有点像文艺复兴时代，所有的科学都在变。因为科学的真谛就是观察世界、总结知识。我们现在观察世界的能力越来越强，一旦选好观察角度，把深度学习的算法用上去，很快崭新的知识就出来了。

现在不光是物理学、生物学、材料学......每一个科学领域都在拼命往前走，走的速度很快。所以总体来讲，人类是处在一个突飞猛进的状态。让我们再次把头脑放到云端，以量子计算作为本章的结尾。

我们注意到人工智能和神经计算框架之间非常有趣的联系，这两个框架都采用分布式表示超大向量，其基本运算都是线性代数而不是布尔代数。它告诉我们人类的大脑和物理性质的计算方式相似。甚至有科学家提出，人类的大脑运作原理与量子物理、量子计算理论、量子计算算法类似。

关于量子计算和人工智能的结合，我们看到微软、谷歌建立了量子人工智能实验室，国内也有这方面的项目。量子计算不是一个该不该有的问题，而是一个什么时候有的问题，它一定会发生。至于什么时候发生大家有不同的想法，可能是5年，甚至是5年之内就会出现早期的量子机器。

为什么量子计算这么重要？因为量子计算跟人工智能有本质上的关系。量子计算的核心就是利用量子的叠加状态。量子有一个能力状态的变化，就是加一定的能量以后会改变状态。不同于现在的计算机数位，0或者1，一个时间只有一个状态。量子的叠加态特性可以在同一时间有四个状态，计算能力呈指数上升。

好处就是通过量子计算可以解决很多数据问题。以前的办法就是数字分解。比如数据加密和解密，统统要用素数分解。素数分解是非常难的，给你一个很大的数字，用一般的算法，算到地球毁灭可能也

算不出来，但是用量子算法以后，可以很快算出来。未来用量子算法做机器学习是很自然的。

与此相关，硬件也一定要革新。因为现在的硬件都是以布尔代数为主，而深度学习的核心计算是不同的，是矩阵和张量的计算，不是0和1的计算，而且一定要进行微分运算。量子计算也是一模一样的，每个量子改变能级的时候，就是一个矩阵和张量的计算关系。大自然其实就是这样计算的，人脑也是一样。Matthew Fisher（马修·菲舍尔）、潘建伟、朱清时等科学家都认为，意识的本质就是量子纠缠。

2007年Nature（《自然》）杂志发表了加州大学伯克利分校Graham Fleming（格雷厄姆·弗莱明）领导的实验室的成果，他们利用飞秒激光技术，在极短的时间内向光合作用复合物上照射激光，结果发现了复合物上仿佛鼓点般的光回波，这意味着光子的能量不是通过单一路径传入反应中心的，而是利用量子相干性同时从所有可能的路径进行传递，从而证明了量子效应在叶绿素光合作用中起到不可替代的作用。这鼓点般的量子回波，正是大自然与人类智慧之光的映射。量子效应在生物体上的发现极大地鼓舞了人类对量子计算和人机结合的新探索。

虽然量子计算机还没有实现，但很多人已经在思考，假定有了量子计算机该如何来做机器学习？这个领域已经有了很多前沿文章和研究成果出来。假定10年之后量子计算机出来了，它会对人工智能行业带来一个根本性的改变，因为量子计算跟人工智能、深度学习的核心计算是彻底吻合的。我们现在实际上是走了一条弯路：任何算法都要把它变成是布尔代数，用0、1来模拟一个微分方程。

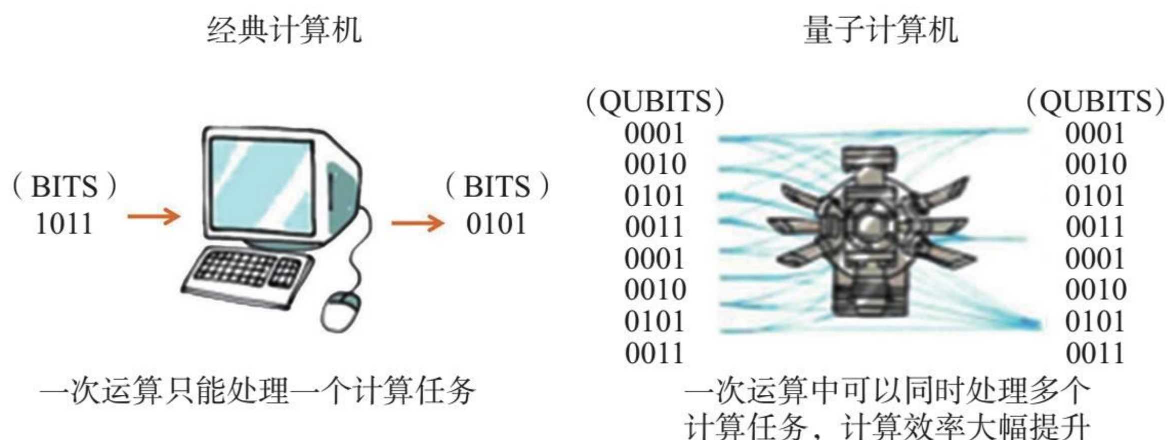


图2-4 经典计算机和量子计算机

资料来源：http://www.zwzyzx.com/show-336-227290-1.html

量子计算和DNA（脱氧核糖核酸）计算的规模和能量将远远超出今天的基于硅的计算能力。随着工程技术的进步，我们将迎来全新的计算体验（如量子化学和量子材料）。

其应用也无比广泛。首先落地的可能就在最古老的农业，参考上面光合作用的例子，就会知道植物也在计算。以后农作物都可能用计算机来计算和设计。所以量子计算对于整个社会可能是一波超级改变，很可能就此引领人类文明的长河走向彻底数字化。

总之，量子计算不是玄学，而正是“知道更多，做到更多，体验更多”这个人类进步规律的未来。在这方面，无论多大的想象力都不够。我们要敢于想象，同时坚持立足大地。30年前，陆奇在毕业纪念册上写下了“这颗电脑科学皇冠上的明珠非君莫属”，我们这一代人做不到，下一代人继续努力，这是“大写的人类”不变的梦想。

---

1. 陈景润因证明哥德巴赫猜想“1+2”定理而享誉世界。徐迟的报告文学《哥德巴赫猜想》以陈景润为主人公，发表于1978年1月的《人民文学》第1期，在当时家喻户晓。

2. 英国2014年启动了“10万人基因组计划”，美国和中国则宣布要完成多达100万人的基因组数据收集工作。世界知名的基因测序公司Illumina仪器测序所得的数据，每12个

月就能翻一番。这是一个巨大的“数据黑洞”，也是一个亟待发掘的数据金矿。

03

在大数据与深度学习中蝶化的人工智能

在历史的重复中变化

当我们谈论数据的时候我们在谈什么?

在大部分人的日常印象中，数据这个词代表的可能是每月的水、电、煤账单上的数字，或者是股票K线图上的红绿指数，还有可能是电脑文件里那一大堆看不懂的源代码。

人工智能眼中的数据含义远比这些广泛。数据的存在形式随着人类文明的发展不断改变，从最初的声音、文字、图画和数字，到电子时代的每一张图像、每一段语音、每一个视频，再到如今互联网时代人类的每一次鼠标点击、用手机时的每一次手指滑动，乃至每一下心跳和呼吸，甚至还包括经济生产中的一切人机动作、轨迹，皆已融入数据流。

不管是浩瀚永恒的引力波，还是复杂细微的DNA，今天的人类已经能够将各种或宏大或微小的事物转化为数据记录，变成我们生活的一部分。数据已经浸染我们生活的每一个细节，就好比生物学家认为人体组织的一半是由微生物组成的，在数字时代，我们生活的一半已然是数据。

历史总是螺旋式前进的。让我们回溯过去，远在人工智能诞生之前，人类在漫长的岁月中也践行着对于数据的发掘、计算和利用。

五千多年前，古埃及人就通过观测记录星象的位置总结出规律：每年当天狼星清晨出现在东方地平线上的时候，尼罗河便开始泛滥。他们照此制订农业耕作的计划，并且将这个周期进行总结，确定了一年365天的太阳历。遥远的天狼星与地球并无任何因果关系，只是出现在那个位置的时候，正好地球运转到一定的节气——这正是大数据时代的相关性计算的前身。

四千多年前，在今天英国的土地上出现了巨石阵——每块重达50吨的大石头组成了一个圆阵。这是一块原始钟表，夏至的时候，它的主轴线、通往石柱的古道和早晨的第一缕阳光就会处在同一条直线上；往相反的方向，冬至日的最后一缕阳光也会穿过石门。古人用笨重的石头仪表点燃了数据测量的曙光。与中国的日晷一样，这便是最早的数据可视化技术。



图3-1 巨石阵

资料来源：
https://baike.baidu.com/pic/%E5%B7%A8%E7%9F%B3%E9%98%B5/1179755/0/6d81800a19d8bc3ed2257b32808ba61ea8d3451c?fr=lemma&ct=single#aid=17270777&pic=ac4bd11373f08202f436987e4efbfbedaa641bce

两千多年前，托勒密研究天地运动得出三大定律，为天文学打下基础。他的方法很有趣，一言以蔽之，是错误的方法里蕴藏着正确的思路。原本他误以为天体运动的轨迹是圆形，而实际上天体以椭圆轨迹运行。为了强行用“圆”函数来表达天体的实际运动曲线，他采用多个圆形的嵌套运动模拟出天体运动。他模拟天象使用的嵌套圆圈多达40个，相当于用多个圆运动函数来拟合成一个总体函数。这已经有了最早的拟合函数思想。

什么是拟合函数？当数据很多时，我们可以把数据想象为一个坐标系中分布的很多点。怎样寻找一个函数，使其曲线能够穿越尽可能多的点呢？如果这些点分布很规律，比如呈线性分布，就可以用线性方程描述。

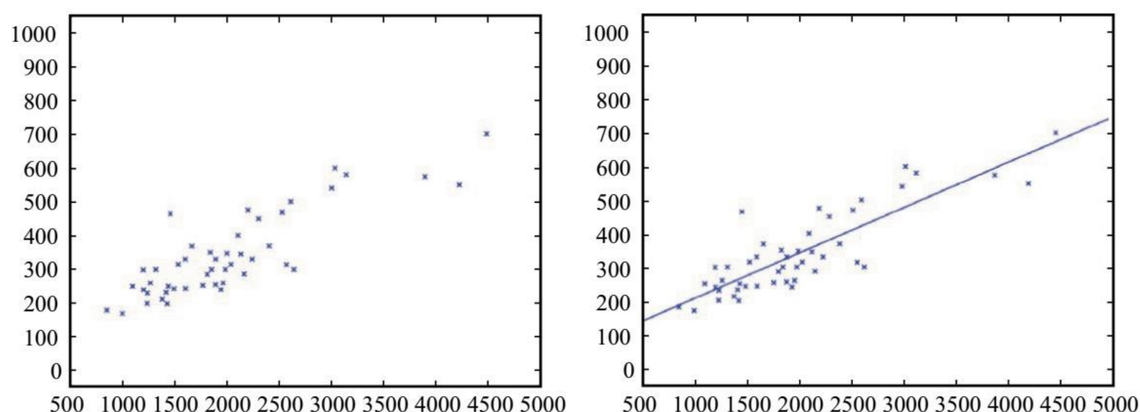


图3-2 用线性方程表示函数

注：左图中分布的点可以用右图中y=ax+b形式的线性函数来近似表达。

如果分布点形成一个抛物线形状，那么函数也很容易得到，就是$X^2=2py$的形式。但是如果这些数据点分布看上去很不规则时就很难找到一个单一函数。现代人想到用多个函数叠加的方法来模拟出一个总体的函数。调节每一个函数的权重，从而能够让叠加函数曲线尽可能多地穿过这些点。托勒密记录了大量天体运动的数据，然后尝试用叠加多个圆函数的方法模拟出椭圆轨迹的函数，以便把他记录的数据都包括进来。拟合函数方法适合从大量离散的数据记录中找寻规律，而这正是今天人工智能的基础，机器学习的基本数学方法。

由此可见，今天的很多基本数学方法古人已有，只是囿于能力无法尽情应用。

今天的人类可以用数字测绘来还原历史。即便在“我的世界”这样一款游戏中，计算机已经可以计算出每一块砖瓦的角度、长度，将几千年前的古城墙以完美的三维图像重现。那一刻，你会觉得所有古埃及、古希腊、古中国的壮美历史又重新与我们连接。但比起那宫殿中

早已褪色的金冠银带，古人使用数据的智慧或许才是人类最宝贵的传承。

数据文明在进步，而大多数人还处在数据的懵懂之中。在日常生活中，数据的概念对于我们既亲近又陌生。我们亲近它，因为每个人从小就会接触加减乘除这样最基本的数据和算法。步入社会后不管从事什么职业，我们这一生也免不了和各类文件、报表或者账单打交道。但与此同时，当面对高科技产品中各种关于内存、分辨率等时髦又复杂的数据时，我们又越发觉得不了解它们甚至没意识到它们的存在。随着大数据、机器算法和人工智能的理念相继到来，这种陌生感愈发加深。

那么数据生活距离我们遥远了吗？正相反，在新的技术条件下，数据与我们日常生活的联系从未如此紧密过。我们的祖先很久以前就学会有条理地储存数据，但是从没像今天的我们一样如此活跃、具体地记录着自己与世界。

从最初的计算器、摄像头，到家用计算机、智能手机，再到大数据和人工智能，我们不断升级采集和利用数据的方式。而现在，从一辆车的每日碳排放量统计到全球气温的监测，从对每个人在网上发言喜好的分析到对总统选举时投票趋势的预测，从预测一只股票的涨跌幅度到观察评估整个经济系统的发展，我们都可以做到。数据将人与人、人与世界连接起来，构成一张繁密的网络，每个人都在影响世界，而每个人也在被他人影响。这种从微观到宏观的辩证关系就如同在全人类身上发生的量子力学现象，其中孕育着解答无数问题的真理。传统的统计方法已经无法处理这种相互影响的数据。怎么办？答案是让机器自己来处理数据，从数据里习得知识。这便是当代人工智能的本质。

早在60年前，人工智能就已经被科学家当作一门严肃科学来研究。即便普通老百姓都对人工智能兴趣盎然，然而人工智能却在“二

战”后人类科技高速发展的几十年间鲜有突破。直到今天，我们才忽然发现各种人工智能的概念如雨后春笋般冒出来，以大数据、AlphaGo、百度无人车等新面貌闯入我们的生活。

如果把人工智能的技术比作一颗早产的心脏，那么它曾经患有两个先天不足：一是在互联网爆发之前，研究人工智能所能调用的数据量太少，这是“供血不足”；二是硬件上的不足导致缺乏解决复杂问题的计算能力，这是“心力不足”。数据如同血液，硬件如同血管，直到互联网应用突飞猛进，计算机的计算能力平均1年翻一番且计算架构出现革命性变化，这两个问题才迎刃而解。奔涌的数据血液进入物理身体的每一个角落，图像识别、语音识别、自然语言处理……睁开了眼睛、竖起了耳朵、张开了嘴巴，机器之心“活”了！

数据书写生活史

数据已经深深“浸入”我们的生活。计算机、智能手机、各种智能家居用品，贴身收集着我们的一言一行，通过计算建模越来越了解我们，使得看新闻、运动健身、吃饭、听歌、出行等这些最简单的日常活动都成为一次次隆重的数据盛典。

一部智能手机一天之内就可以为他的主人生产1G的数据。这大概是13套《二十四史》的总容量。我们每天都在用数据书写自己浩瀚的“生活史”。

与传统意义上的数据记录定义不同，这种数据是有“生命”的。这种记录不是客观又绝对的数学测量，也不是一板一眼的历史写作。它更像是我们身体的一种自然延伸：倾听我们的声音、拓宽我们的视力、加深我们的记忆，甚至组成一个以数据形式存在的“我”。如果说智能手机已成为人类的新器官，那么数据就是这个新器官所接收到

的“第六感”。而处理这种“第六感”的新大脑正是冉冉升起的人工智能。

大数据——万物皆数

既然人类运用数据已久，而且自工业革命以来，数据经历过一次又一次的爆发，何以近年来才出现“大数据”的概念？仅仅是它所能记录和计算的数据量更多而已吗？自然数可以无限数下去，1、2、3、4，以至于无穷，但“多”是不够的，还必须具有几大特征：

第一，大数据的“大”。毋庸置疑，这个“大”相对于人类传统数据的储存方式，不是一个量级上的大小之分，而是几何量级的差距。想想百度地图上每日720亿次的定位请求，再想想互联网上每天有多少次点击、社交媒体上每天有多少文字和图片发出……各种大数据平台一天之内收集到的数据量就可以超越人类几千年来文字、图像的总和。

第二，大数据的另一个重要特点是多维度。多维度代表着大数据可以对一个事物进行多方位的描述，从而更准确。

在电影《谍影重重》里出现过一个大数据公司，能够根据互联网数据、交通数据、历史档案等各种维度的数据帮助美国中央情报局（CIA）迅速追踪和定位疑犯。现实中美国的Plantir数据公司便是如此帮助美国政府追踪本·拉登，提供反恐信息和社会危机预警。它们更常见的业务是识破金融诈骗。

以金融征信应用为例，传统金融机构在进行征信时，一般采集20个维度左右的数据，主要包括年龄、收入、学历、职业、房产车产、借贷情况等。然后综合评分来识别客户的还款能力和还款意愿，决定信贷额度。

互联网公司采用大数据方法，所获得的维度可以让传统银行吓一跳。BAT都开设了自己的金融服务，因为拥有全面且巨大的用户数据，可以查询客户的各种线上记录，比如是否有批量申请贷款等异常行为；还可以将客户信息与互联网全局信息比对，通过欺诈行为模式的比对分析其可信度；更进一步，还可以分析客户的消费行为和习惯，结合填报收入分析还款能力如何。当然，作为用户的隐私，这些数据都不会被公开，用户所能感受到的便利是征信排队时间极大地缩短了，因为大数据可以在几秒钟内就对申请者超过1万条的原始信息进行调取和审核，迅速核对数万个指标维度。

对一个陌生人进行征信就好比“盲人摸象”，传统方法是通过20个“盲人”去评估一个客户的信用“大象”，注定是有缺陷的。而大数据的多维度就如同几万人同时“摸象”，再把这几万人的反馈汇总到一起。维度越多，结论就越准确。

第三，处理非结构化数据的能力。结构化数据中最基本的数字、符号等，可以用固定的字段、长短和逻辑结构保存在数据库中，并用数据表的形式向人类展现（想一下常见的Excel表格），处理非常方便。但是互联网时代产生了大量非结构化数据，对于图片、视频、音频等内容，它们的数据量巨大却没有清晰的结构。对于图像的数据，我们只能理解为一个二维矩阵上的无数像素点。非结构化数据增长量很快，据推测将占未来10年新生数据总量的90%。而大数据技术可以通过图像识别、语音识别、自然语言分析等技术计算、分析大量非结构化数据，大大提升了数据维度。

非结构化数据的数量远超结构化数据，蕴含巨大能量，应用前景广阔。例如，在机场等公共场合的个人身份检查，过去只能根据旅客提供的身份信息这一个主要维度去判断其身份。而人脸识别、语音识别等技术应用成熟后，大数据可以直接通过摄像快速比对审核，增加对个人身份判断的维度，进行既精确又高效的安全检查。

第四，大数据是生生不息的“流”，具有时间性。它过去就不再回来，就像人无法两次踏入同一条河流。这一方面是因为数据量太巨大，无法全部存储；另一方面是大数据和人类生生不息的行动相关，瞬息万变。百度大数据实验室因此提出一个概念叫作“时空大数据”。

地图就是时空大数据之母。百度地图有一个路段拥堵预警功能。如果前方路段畅通会显示为绿色；如果拥堵则会显示成红色，提醒用户选择其他路线。这是我们与数据互动的一个简明例子。如果我们有A和B两条路线可以选择，此时A路线拥堵而B路线畅通，那么我们都会选择B路线；当越来越多的车主选择B路线，那么B路线将会变成拥堵而A路线又会畅通。此消彼长，变化万千。依靠智能手机的定位功能，百度地图可以实时更改当前的路况监测结果，精确地告诉每一个位置用户当前自己所面对的路面情况。通过数据可视化技术和各种评估手段，可以描绘一座城市的日常脉搏，比如上下班的人流数据变化，仿佛城市在吞吐呼吸。除了被记录下来的，更多数据只在当时有效。把数据全部存储下来是不可能的，那样需要的硬盘可能整座城市的地皮都堆不下，只能即时应用，用过就消失。

与时间数据博弈是富有挑战性的工作。2016年11月，百度正式接入公安部儿童失踪信息紧急发布平台，每当有儿童失踪事件发生时，百度地图和手机百度就会把失踪儿童的姓名、面貌特征、失踪时间等重要信息精准推送给失踪地点周边的用户，使用户可以第一时间参与找回失踪儿童的过程。而在失踪儿童被寻回后，百度地图和手机百度也会及时更新结案标识，让社会各界人士随时了解进展。能将信息早1秒钟提供给用户，就能给焦虑中的家庭多一分希望。

最后一点，也是最重要的，大数据的“大”表现为无尽的重复。对于语音识别来说，正因为人们重复讲述同样的语句，机器通过反复识别这些人类语音的细微差别，才能全面掌握人类语音。也正因为人们周而复始的运动，才让系统能捕捉城市运动的规律。“重复”的数学意

义是“穷举”。以往人类无法通过穷举法来把握一个事情的规律，只能采用“取样”来估计，或者通过观察用简单明了的函数来代表事物规律，但大数据让穷举法这种“笨办法”变得可能了。

量变促成质变，在机器智能领域，数据量的大小和处理速度的快慢可以直接决定智能水平的高低。谷歌通过数据量提升翻译质量的故事早已不是秘密。

2005年，美国国家标准与技术研究所如往年一样举办机器翻译软件评测。有许多大学机构、大公司都从美国政府申请了研究机器翻译的科研经费，这些机构需要参加这个评测。没有获得政府资助的团队或者公司也可以自愿加入，谷歌就是后者。参与评测的还包括IBM、德国亚琛工学院等多家机器翻译界老牌公司，个个实力雄厚，在机器翻译领域深耕多年，只有谷歌是初出茅庐。

然而评测结果却让人大跌眼镜：谷歌取得了第一名，并且得分远远高于其他团队。在汉译英这方面，谷歌的表现达到了51.37%的BLEU分数，第二名和第三名的公司则仅达到34.03%和22.57%。最后，谷歌公布了自己的秘诀：用更多的数据！不只是比其他团队多一两倍，而是多上万倍的数据！因为谷歌可以通过搜索引擎收集互联网上人类给出的海量双语语料数据。同样一句汉语会有很多人给出译法，计算机会通过这种重复来统计出最常用的译法。在没有更改其他主要方法的情况下，仅仅依靠数据样本的增加就训练、改造出了超越其他机器翻译一个时代的产品。谷歌能赢，实际上就是因为“穷举”能力超过了别人。

谷歌、百度这一类互联网企业的数据优势是全方位的，除了翻译，还可以很容易地复制到其他领域，比如语音识别与图像识别。百度的“为你写诗”作为一个小游戏，同样结合了大数据与人工智能。百度主任架构师、机器翻译技术负责人何中军介绍，传统的写诗软件一般运用统计模型，根据给定的关键词生成第一句诗句，然后再生成第

二句，不断重复这一过程，直到全诗生成完毕。而百度写诗的做法是这样的：用户可以输入任意词语或者句子，系统结合百度搜索引擎中的大数据对用户表达进行深度分析与联想，衍生出相关度较高的主题关键词。用户随便输入一个词或一句话，比如“西湖”，百度写诗系统通过对大量诗歌散文数据的分析，得出一首描写“西湖”的诗歌应该包含哪些主题词。对于“西湖”来说，得到的主题词可能有“断桥残雪”“烟雨”“垂柳”等。接下来利用深度神经网络技术，根据每一个主题词生成一句诗。这些主题词就相当于人类写作时经常用的提纲，根据提纲来创作可以保证全诗在意境上是统一的，而且前后诗句的内容在逻辑上也是顺畅的。之前大家说机器写的诗看起来每句话都还不错，但是整体意境不够，现在已经能有效弥补了。对于每一句诗歌的生成，则用到了机器翻译技术。对诗歌的第一句进行“翻译”得到第二句诗，再对第二句进行“翻译”得到第三句，以此类推。我们用“西湖”作为输入，“为你写诗”生成的七言诗意境优美、逻辑通畅。

换一首 返回搜索结果

您的输入：西湖

为你写诗

江南烟雨

断桥残雪

一伞撑开

西湖岸畔



图3-3 手机百度的“为你写诗”生成的七言诗

注：使用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

人类的数据镜像

人类在科技产品的娇惯下，口味日渐挑剔，大数据能从那些枯燥乏味的选择之上给出一抹亮眼的色彩。以前的电视机不会回应我们的喜怒哀乐，但现在成熟的视频网站正在耐心仔细地收集着我们的每一种反馈，不管是收藏还是下载，是关闭还是快进，都一一记录，然后利用大数据计算出我们的喜好、消费能力等各种指标。

美剧《纸牌屋》风靡一时，剧中政客们斗牌，剧后则是大数据在下一盘看不见的大棋。出品人为美国著名的网络电视公司Netflix。它深谙大数据分析的妙处，除了以上提到的用户行为，还会尽力收集观

看时段、观看设备、观看人数和场景，分析用户喜欢的节目中的主演状况、导演是谁等。通过大数据分析，断定《纸牌屋》的题材会火爆，于是从BBC（英国广播公司）手中高价购买了翻拍版权，并预测凯文·史派西是最合适的主演人选。最终结果证明了Netflix对于《纸牌屋》的押注完全正确。当我们在荧幕前感叹史派西所扮演的总统拥有掌控一切的智慧时，却没有意识到“数据总统”的威力。

美国新任总统特朗普就是一位充分利用数据竞选的总统。据彭博等媒体报道，他的技术团队通过脸书、推特等平台上的用户公开数据，如点赞、转发、收藏行为等，精准描述选民画像，向他们推送因人而异的竞选广告。甚至特朗普的每条推特、每条脸书都是有针对性的，不同内容对不同网民可见。

通过大数据对用户进行精准画像，这也是百度大脑擅长的领域。2016年十分火爆的电影《魔兽》的出品方传奇影业与百度大脑合作，根据对百度海量用户的分析，将电影广告精准推荐给潜在观众。虽然这部电影在北美市场票房不佳，但在中国大卖2.21亿美元。当魔兽粉丝在影院里高喊“为了部落！”的时候，也许正是大数据悄悄赋予了他们原力。

中国人都说“民以食为天”，比起挑选电影，怎么能“吃好”更是全民关心的热门话题。2013年百度曾发布过一个《中国十大“吃货”省市排行榜》，让网友乐此不疲。这个榜单利用了百度知道和百度搜索的大数据，根据网友们多达7700万条关于“吃”的问答，总结出了各地不同的饮食习惯和特色。

海量数据中被挖掘出了不少有趣的现象：“吃什么水果减肥最快”有多达30万人提问过，看来许多网友在吃的同时还不忘顾及身材；“昨天晚上还活着的螃蟹死了，还能吃吗？”这一问题有高达6万条回复，看得出中国“吃货”对于螃蟹的热情特别高。当然更多的还是诸

如“××能吃吗”“××怎么吃”这类的日常问题，光是“菠菜和豆腐能不能一起吃”就引起了无数讨论。

这些问题数量庞大并且看似混乱重复。但重复正是大数据的妙处。大数据可以从中捕捉到更深刻的含义。如福建、广东地区的网友经常会问某种虫是否可以吃的问题；而西北网友则对海鲜的吃法颇感疑惑。不同用户关心的食材、做法各不相同，百度大数据正是从中归纳出了各省市的“吃货”属性。在这背后大数据考量了网友的地理位置、提问回答的时间、问题中关于吃法或者做法等信息，甚至将网友使用的手机品牌等各种维度都纳入计算当中。

除了对人类关注信息的描摹，大数据甚至在构造我们的身体。现在许多人都十分熟悉的健身腕带，就是通过收集我们日常运动作息的数据，例如，行走步数、卡路里消耗、睡眠时长等来分析我们的健康状况并提出建议。更进一步，未来我们可以将个人数据上传，通过大数据检测我们罹患各种疾病的可能性或者潜在威胁，更好地预防疾病。

关于生活中的大数据有许多例子。我们现在用到的绝大部分成熟的互联网产品，无论是计算机还是智能手机，背后都或多或少有大数据的身影。当我们理所当然地使用这些服务时，就已经邀请大数据进入我们的生活。它默默注视着我们生活中的每一个细节，潜移默化地鼓励和劝告我们做出选择，强化了我们的角色。

突破：机器学习与人工智能

1950年，阿兰·图灵创造了一个针对机器的测试方法，即后来大名鼎鼎的“图灵测试”。这位充满传奇色彩的科学家认为，如果一台机器能够与人类展开对话（通过电传设备）而不能被辨别出其机器身份，

那么就可以认为这台机器具有智能。这一简化使图灵能够令人信服地说明“思考的机器”是可能的，而“图灵测试”直到现在也被当作判断人工智能的重要标准。

这个标准已经暗示了一个新的路径，只要机器表现得像人类，我们可以不必过分关心机器的运作规则是什么。有人提出让机器自己来学习规则的办法，人类不用操心那些规则是什么。

1949年，唐纳德·赫布基于神经心理学的学习机制，踏出了机器学习的第一步，创造了此后被称为赫布学习规则的方法。赫布认为神经网络的学习过程发生在神经元之间的突触部位，突触的联结强度随着突触前后神经元的活动而变化，正确的反馈会让两个神经元的联系得到强化。这个原理机制类似巴甫洛夫的条件反射实验：每次给狗喂食前都先响铃，时间一长，狗的神经系统就会将铃声和食物联系起来。赫布用一套加权公式来模仿人类的神经网，权重就代表神经元之间联系的强弱。赫布给机器创造了一套可以简单区分事物的方法，对于每个数据，让决策树程序做出判断，判断对了就奖励（提高函数的权重），判断错了就惩罚（降低函数的权重）。他利用这个方法创造了一个分类器，可以提取数据集的统计特性，把输入信息按照它们的相似程度划分为若干类。看上去如同人类在观察某种现象时，会观察和总结并区分事物，但机器的这种“观察”更接近一种通过训练达成的条件反射，并非如人类那样思考，重视的是数据中蕴含的相关性关系，而非人类思维中的因果性关系。

之后的十几年中，关于人工智能的研究愈发热烈，灵感一个接一个地涌出。1952年，IBM科学家亚瑟·塞缪尔成功开发了一个可以下得越来越好的跳棋程序。他创造了“机器学习”的概念，并将它定义为“可以提供计算机能力而无需显式编程的研究领域”。

1957年，Rosenblatt（罗森布拉特）提出了感知机的概念，成为日后发展神经网络和支持向量机（Support Vector Machine，SVM）的基

础。感知机就是一种用算法构造的“分类器”，是一种线性分类模型，原理就是通过不断地训练试错以期寻找一个合适的超平面把数据分开（超平面可以这样理解：三维坐标空间里二维的形状称作平面，能划分三维空间。如果数据是多维的，那么N维坐标空间里，N-1维就是超平面，能划分N维空间）。如同你把写着“正确”和“错误”的两堆球输入进去，感知机可以为你找出这两堆不同球的分界线。

感知机好比在输入和输出之间只有一层的神经网络。当面对复杂一点的情况时就力不从心了，比如当“正确”和“错误”的球互相混合的时候，或者又有第三种球出现的时候，感知机就无法找到那个分类的界线。这使感知机很难在一些即使看似简单的问题上有所突破。

如今，不需要人类输入规则（编程），而是让机器自己寻找规则，这样看上去机器就有了自己的智能。今天的人工智能便是在机器学习的基础上发展起来的，只是成长速度受到硬件和方法的限制。

如果多台电脑、多个芯片联网进行机器学习，而且具备多个芯片网络层次，就进入了所谓的“深度学习”的范畴。在20世纪70年代末，Geoffrey Hinton教授等人已经发现，如果能实现多层的神经网络，就可以逐层递进找到模式中的模式，让计算机自己解决复杂的问题。那时他们就开发了“反向传播”算法神经网络。但是多层神经网络的复杂性也导致对其训练的难度大大增加，数据不足和硬件计算能力成为掣肘。

从20世纪60年代中期到20世纪70年代末，机器学习的发展步伐几乎处于停滞状态。这种情况一直到20世纪80年代才有所好转。随着计算机性能的突飞猛进和互联网的到来，人工智能研究终于如虎添翼，在20世纪90年代，现代机器学习初步成形。

互联网在20世纪90年代投入商用，使分布式计算方法获得长足发展。超级计算机造价昂贵，而分布式计算技术则发挥了“人多力量

大”的优势，让多台普通计算机可以协同工作，各自承担计算任务的一部分，并把计算结果汇总，效率可以超过超级计算机，而且分布式的结构正好适应了日渐增多的数据量。

计算机神经网络生长与深度学习

由于传统人工智能一味依赖科学家输入的规则模型，导致它只有在解决一些规则比较清楚的问题时才比较有效，比如击败卡斯帕罗夫的“深蓝”就是这样一种“人工智能”。当面对识别一张图片这类人类在婴儿阶段就能学会的简单问题时，这类人工智能却无计可施，因为这种认知类问题只有一个模糊的概念，没有清楚简单的规则。而计算机神经网络的特点就是它不需要人类提前告知规则，它会自己从海量的基础数据里识别模式（规则）。

顾名思义，神经网络类似人类大脑，由一个个神经元组成，每个神经元和多个其他神经元连接，形成网状。单个神经元只会解决最简单的问题，但是组合成一个分层的整体，就可以解决复杂问题。

Geoffrey Hinton认为，传统的机器学习方法只利用了一层芯片网络，在遇到真正复杂的问题时，处理效率就会变得十分低下。深度学习的最核心理念是通过增加神经网络的层数来提升效率，将复杂的输入数据逐层抽象和简化。也就是说，将复杂的问题分段解决，每一层神经网络就解决每一层的问题，这一层的结果交给下一层去进行进一步处理。

有一层神经网络，就可以找到简单的模式；有多层神经网络，就可以找出模式中的模式。以人脸识别为例，神经网络的第一层只专注于边长几十个像素之类的图像区域，从中识别出一些形状（形状就是模式）——眼睛、鼻子、嘴巴等。再把这些已经识别出的形状交给下

一层神经网络，下一层网络在已有的识别结果里，又发现了更大的模式——眼睛、鼻子、嘴巴可以组合成人脸。如果描述得更数学一点，当下流行的深度神经网络可分为应对具有空间性分布数据的CNN（卷积神经网络）和应对具有时间性分布数据的RNN（递归神经网络，又称循环神经网络）。

CNN往往用于图像识别，正如上文描述的，网络的第一层被训练成可以完成这样一个“小目标”——识别图像中局部的独立模块，如一个方块、一个三角形，或者一个眼睛。在这一层，人类输入大量图片数据，只为让该层神经可以辨别基本的局部图形“边缘”，即一个像素旁边没有任何东西。接下来的每一层都在前一层得出的信息中寻找更高层次的模式。这种方法模拟了人眼组合信息的方式，丢弃次要细节，优先识别出某种显著模式。如几个小块和一个圆圈合在一起成为一张脸，不论它出现在图像中的什么位置，人眼会首先注意这张脸，而不是平均注意图像的所有部分。

RNN则往往用于语音识别和自然语言处理。因为语音和语言是一种按照时间分布的数据，下一句的意义和上一句有关。RNN网络可以记住历史信息。假设我们需要开发一个语言模型，用前面的句子预测后面的词汇。给定“I was born in China in 1976. My college major is mathematics. I speak fluent_____”这句话的最后一个词显然是Chinese（汉语），这对人类很简单，计算机神经网络则需要能够调取到之前的“China”（中国）信息才能做到，这就需要有一种循环设计，使神经网络能够具有一种时间上的深度。

深度神经网络大大优化了机器学习的速度，使人工智能技术获得了突破性进展。在此基础上，图像识别、语音识别、机器翻译等都取得了长足进步。语音输入比打字快得多，机器翻译让我们基本可以看懂一篇外文资讯，图像识别则早已可以凭借一张少年时期的照片就在

一堆成人照片中准确找到这个人，甚至可以把很模糊的照片恢复成清晰且准确的照片。

基于深度学习的人工智能和过去的人工智能原理不同，但与我们所了解的数据挖掘有相似的逻辑：先得到结果，反向寻找模式。这个过程被称作训练。

我们用简单的数学知识就能把机器学习、训练和深度学习的基本思维方式解释清楚。

这个方法堪比数学领域的哥白尼式倒转，以简单函数为例可以很好地说明这个倒转。

过去我们解决数学问题，一般是先知道公式（函数），然后输入数据，求出结果。就以$y=ax+b$这种类型的函数为例。比如，已知$y=2x+1$，令$x=1$，可以求出$y=3$。这里x就是“输入”，得到的y就是“输出”。

更高阶一点的数学能力是知道公式和输出，要把输入值求出来，比如已知$y=2x+1$，令$y=5$，求x。

再进阶一步，就触摸到了机器学习。当我们不知道a、b这些系数，但是知道y和x的值，需要把a和b求出来，也就是已知输入和输出，要把函数系数求出来。在$y=ax+b$这个函数里，我们只需要知道两组x、y的值就能确认a和b。

更进一步，假设我们有一组输入和输出数据，但完全不知道函数的形式，又该怎么办呢？这就需要构造函数。比如，已知$x=2$，$y=5$，求$f(x)$。这在输入和输出数据很少的情况下是无法计算的，$f(x)$可能是$2x+1$，也可能是$1x+3$，甚至是x^2+1，以及无数种其他情况。但是

如果x和y的数量充足，数学家就能通过“逼近计算”方法，不断调整公式权重，近似求得这个函数。

问题来了，现代生产和生活中产生的数据都无比巨大复杂，如果要从中求得蕴含的函数就需要非常“高能”。人类的脑力已经无法胜任，但是可以把这项工作交给计算机。拟合函数就在这里大显神通。深度学习神经网络模拟了人脑的神经节点，每个节点实际上就是一个函数调节器，无数函数彼此交叉连接起来。通过数学上的矩阵、优化、正则式等各种方法，深度学习过程不断调整着每个函数系数的权重，在数据充分、构造原理合适的情况下，不断演化的函数会越来越准确地拟合大部分数据，于是我们就可以通过这套函数来预测尚未发生的情况。这个过程就是我们所说的“训练”。

吴恩达在谷歌工作的时候，领导团队训练出了著名的计算机识猫系统。

如果用老式的符号式人工智能方法来编程，那么人类首先要对猫进行细致的定义，如尖耳朵、圆眼睛、直胡须、四条腿、长尾巴……把这些特征定义转化为函数输入计算机，然后向计算机展示一张图片。电脑就会分解图片中不同的元素，然后再将这些元素和程序中的规则进行比对。符合尖耳朵、圆眼睛、直胡须、四条腿、长尾巴等特征，那么这就是一只猫。

而机器学习的方法大相径庭，科学家不会预先编写猫的定义，而是让计算机自己去寻找。科学家只是把图片大量“喂”给计算机，让计算机输出标签——是猫或者不是猫。在识别猫的神经网络中有无数的通路，正如人的脑神经一样，每个通路都会输出自己的结果，如果答对了，科学家就会给这条通路加权（可以理解成亮绿灯）；答错了，就降低权重（可以理解成亮红灯）。经过足够多的尝试，如用10万张各种猫的图片做测试之后，那些得到加权的神经通路就组成了一个识别装置（一组复杂的函数联结）。然后在没有科学家告诉它识别结果

的情况下，也可以识别出新的图片中的猫来。训练数据越多，这个函数集合就越复杂但也越精确。

这就是“监督学习”——依赖大量有标签的数据。吴恩达领导的识猫项目甚至可以从零开始学习，不依赖标签就可以辨识出猫。当研究者向神经网络展示了几百万帧静态的猫图片，神经网络自己就获得了一个稳定的模型，从此，它可以和所有的儿童一样，毫不犹豫地识别出猫的脸。

吴恩达的博士研究生夸克·维·乐为此撰写了论文，表明机器学习同样能识别原始的无标签数据，并建立自己的知识模式，它的意义绝非只在于识别猫。

二十多年前，凯文·凯利以“蜂群效应”开始了杰出的新科技著作《失控》的叙述。他以此预测了分布式计算等新技术的出现，那时他可能还没有看到“蜂群效应”中蕴藏的机器学习原理。每一个蜜蜂的运动都是随机的，但是蜂群总能向着一个方向飞去。大量蜜蜂各自的行动（输入）汇总成一个总的运动（输出），中间的逻辑（函数）就是“蜂群效应”。计算机神经网络里的信息运动就像超音速飞行的蜂群采集着数据花粉。在它们看似狂乱的飞舞轨迹中，一张猫的脸庞凸显出来。百度大脑识别猫的能力已经远超人类，它甚至能够精确区分不同种类的猫。

所以对人类而言，机器学习往往在自己的“内部”形成一个“黑箱”。有人警告这种超越人类理解的黑箱会带来危险，因为我们不知道机器如何思考，是否产生了危险思维。不过更多时候，深度学习会给人带来意想不到的惊喜。

深“度”往事

百度语音识别开发团队的刘洋工程师说过一件趣事：一位语音团队成员在家测试语音识别程序时，无意间清唱了几句歌词，然后歌词竟然被准确识别了出来。这令他很吃惊，其他公司的语音识别技术都还做不到这个事情。而百度团队也并没有针对清唱这种形式做过训练，也没有制定过这个目标。系统怎么做到的他们也不知道，只能说训练数据达到了足够大的程度，程序在不断训练、学习的过程中，自己修得了这项令人称奇的技能。

人们对世界的变化往往后知后觉。在没有深度学习的日子里，世界似乎也一切正常。但有些看不到的代价在被一些人默默承受。周克华这个连环杀手十多年间神出鬼没，为了擒获他，公安部门调集了几乎所有的视频监控材料要发现他的踪迹。那时候公安干警怎么检索视频？全靠肉眼去看！几百甚至几千个小时的视频一段段去看，有的干警甚至累昏在岗位上。而基于深度学习技术的视觉识别将改变这一切。目前先进的监控系统背后都有强大的人工智能支持，在经过大数据训练之后，可以瞬间从视频里识别出人脸、车牌、车型等，并且加以语义化，方便人类检索。然后只要给计算机几张嫌疑人的照片，神经网络就可以飞快地从海量视频中把与嫌疑人有关的镜头都找出来供人类参考。安防企业宇视科技就开发了这样的智能摄像系统，再结合百度地图，就可以迅速定位嫌疑人或者车辆的运动轨迹。

深度学习在许多用户看不到的地方改变了我们的生活。为了采集和维护地图信息，需要通过采集车拍摄沿路的图像。传统的采集车上要坐两个人，采集过程分为内部作业和外部作业两部分，外部作业就是要开车出去，把沿途的东西都录下来。除了录像，副驾驶要负责用声音记录，每经过一个地方，要说前方这里有一个探头，那里有一个红绿灯，这里是四车道，左转、直行、右转……这是传统的方式，就是一定要把所有看到的东西通过录像和声音的方式记录下来，然后再把数据存储寄到数据处理中心。数据处理中心负责内部业务的人员再

一分钟一分钟地去记录比对资料，最后把路面上的这些元素在地图上标识出来，这基本上是一个劳动密集型的工作方式。



图3-4 百度地图采集车

而应用了智能图像识别技术以后，我们先通过深度学习训练机器去辨识红绿灯、车道、探头等路面元素，之后我们只需要将沿路拍摄的全景图像直接交给机器辨识，就能得到完整的地图信息。这就极大地节省了人力，也极大地提高了效率和准确性。

深度学习除了软件算法，还有一件关于硬件的往事堪称佳话。历史上有很多发明在后来的应用中偏离了初衷。比如作为炸药的硝酸甘油可以用于心脏病急救，为了发明战略物资橡胶的人工合成替代品，结果却造出了橡皮泥……在深度学习领域，GPU的作用也被改变了。GPU本来是显卡，用来渲染图像，给图形计算加速，后来却成为深度学习的主要硬件。因为显卡芯片具备比CPU更强的浮点运算能力，原

本就用于处理图像这种矩阵数据，非常适合机器学习领域对数据的计算。早期当吴恩达团队率先使用GPU进行机器学习的时候，很多人并不理解。不过今天这已经成为主流。

但最深的往事还是来自搜索引擎。

搜索引擎：人工智能的命运细线

对于今天的中国网民来说，遇到问题“百度一下”已经成为一种习惯。与百度今日的影响力和规模相对的，百度在人工智能领域的专注反而引起一些不理解。更专业的疑问是：电商、游戏、社交、通信……从PC到移动互联设备，无数个风口过去了，百度为何只对人工智能情有独钟?

问题的答案可能与很多人的思维相反，与其说是百度选择了人工智能，不如说是人工智能选择了百度。这是百度基因里的使命，辜负这个使命，会是百度、中国甚至世界的损失。

一切都源于搜索

搜索引擎对于一般用户来说只是一种工具，可以帮助他们找到需要的信息；对于提供内容的网站来说，搜索引擎是一种媒介，帮助它们将自己的内容传递给有需要的用户。在这个过程中，首先搜索引擎要“倾听”用户的需求，即小小搜索框里敲下的那几个关键词，究竟是想要找到什么；其次，搜索引擎要“检索”数量庞大的内容，从中挑选出最符合要求的那些结果提供给用户。

我们审视一下这个过程，是否和我们描述过的深度学习概念模式十分相像？输入和输出在这里都有了，甚至每一次搜索行为都可以看作是对搜索引擎的一次训练。那么谁来告诉搜索引擎输出结果的好坏呢？是用户。用户的点击就是一种回答，如果用户没有点击排在前面的结果，而是去点击第二页的结果，这就是对系统的推荐做出了降权举动。

在这个过程中，搜索引擎不仅提高了推荐的准确性，还越来越懂得判断所收录网页的“好”与“坏”，渐渐学会了像人类一样去分辨网页。最初，它只会读取标题、关键字、描述等页面元素；而现在，百度这样的搜索引擎已经可以辨识出哪些是隐藏的虚假信息，哪些是广告，哪些是真正有价值的内容。

人通过搜索引擎获取信息的行为就是人与机器对话的过程。与以往的人机交互不一样，这个过程基于“自然语言”。相比图像识别、语音识别等，自然语言处理（Natural Language Processing，NLP）是搜索引擎最核心的基础技术。

王海峰认为思考和获得知识的能力成就了今天的人类，这种能力需要通过语言来找到思考的对象和方法，并外化为我们看、听、说和行动的能力。相对于这些能力，语言是人类区别于其他生物的最重要的特征之一。视觉、听觉和行为能力不仅为人类所拥有，动物也有，甚至很多动物的视觉、听觉，包括行动能力比人类还强，但是语言是人类特有的。而建立在语言之上的知识总结、提炼、传承以及思考，也都是人类特有的。

从人类历史之初，知识就以语言的形式进行记录和传承，用来书写语言的工具不断改进：从甲骨到纸张，再到今天的互联网。所以不管是百度还是谷歌，都认为自然语言处理对整个人工智能的未来都是非常大的挑战。相比之下，语音识别，如声音到文字，或是文字到声

音，实际上解决的是一个信号转换问题，但语言不是，语言和人的知识、思维整体相关。

像AlphaGo这样的项目，对于普通人来讲是一件非常震撼的事情，我们也认为它是一个很大的成绩。但是我们不能忽略它的特点：基于完全信息、规则是明确的、空间是封闭的和特定的。为围棋训练出来的智能系统下象棋就不好用。相比较而言，自然语言的处理是更难解决的一个问题。对于下围棋来说，只要计算能力和数据充分，就几乎没有不确定性，而语言问题存在太多不确定性，如语义的多样性。

为了让计算机能够“理解”和生成人类语言，科学家做了大量的工作。在百度，基于大数据、机器学习和语言学方面的积累，研发出了知识图谱，构建了问答、机器翻译和对话系统，建立了可以分析、理解问题（query）及情感的能力。

仅就知识图谱来说，基于不同的应用需求可分为三类：实体图谱（entitygraph）、关注点图谱（attentiongraph）和意图图谱（intentgraph）。

在实体图谱里，每一个节点都是一个实体，每个实体都有若干个属性，节点之间的连接是实体之间的关系。目前百度的实体图谱已经包含了数亿实体、数百亿属性和千亿关系，这些都是从大量结构化和非结构化数据中挖掘出来的。

现在我们来看一个例子，假如有人搜索：窦靖童的爸爸的前妻的前夫。

这句话里包含的人物关系是非常复杂的，然而，我们的推理系统可以轻松地分析出各实体之间的关系，并最终得出正确答案。

百度的自然语言处理技术还可以分析复杂的语法，甚至辨识句子的歧义，而不仅仅是字面匹配。

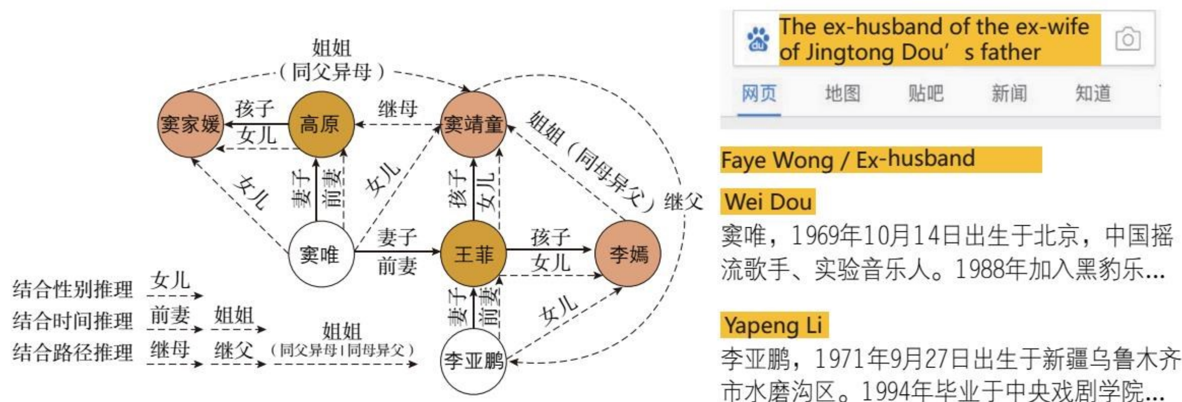


图3-5 人物关系图1

再来看另外一个例子：梁思成的儿子是谁；梁思成是谁的儿子。



图3-6 人物关系图2

如果使用传统的基于关键词的搜索技术，我们将会得到几乎相同的结果。然而，经过语义理解技术的分析，机器可以发现这两个句子的语义是完全不一样的，相应地就能从知识图谱中检索到完全不同的答案。

还有第三句话：谁是梁思成的父母。从字面上来看，这跟第二个句子不同，但是经过语义理解技术，机器发现这两个句子要找的是同一个对象。

深度学习技术进一步增强了自然语言处理能力。百度从2013年开始在搜索引擎中应用DNN模型，至今已经对这个模型进行了几十次的升级迭代，DNN语义特征是百度搜索里非常重要的一个特征。其实，不仅搜索结果相关度变得更高，在篇章理解、关注点感知和机器翻译等方面也都有大幅提升。

搜索所需要的技术基础也正是人工智能所需要的技术基础。比如就云计算来说，主管百度云工作的张亚勤认为，搜索是最大的云计算应用，没有云就没有办法做好搜索，百度是在云里出生的。

搜索引擎的继续进化

随着移动互联网和人工智能的兴起，搜索的形态在发生很大的改变。比如搜索入口变化了，除了通过网页搜索框发起搜索外，基于不同平台和硬件的搜索也在增加，语音或图像搜索部分代替了文字搜索。在人主动搜索信息的同时，信息也被推荐给需要的人。很多人从表象上看，认为这个过程是对搜索引擎的挑战。但王海峰认为，搜索引擎一直同步感知着这个变化过程。

就以“信息主动找人”来说，做Feed（信息流）是当下很多互联网企业的共识。但是“人找信息”和“信息找人”，或者搜索和Feed之间并不是非此即彼，而是相辅相成的关系，在不同场景、不同时段发生不同作用，各司其职，也会互相配合。比如有时候你需要主动找点东西，有时需要朋友推荐，有时候需要系统能猜测你的喜好并推荐。假设别人推荐一篇文章给你，阅读过程中发现一个词不太理解，这时你

又需要发起搜索去查找词义。当然机器也会猜哪些词用户可能有兴趣。Feed不可能每天推送给你相同的内容，所以一条内容过了最热的时候，你再想找它又得到搜索引擎里找。在不同的状态和场景下，用户对于搜索和Feed的需求会相互转换，而如何判断这些状态和场景，正是对系统智能化的考验。有越多的数据和技术储备就越可能做好。

有了做搜索的技术储备和数据，做Feed至少在技术上是不难的。而单纯从Feed起家，想去弥补搜索和数据的缺失就比较困难。百度搜索引擎采集分析的网页量有上千亿，如此规模的大数据为百度持续提升Feed产品效果提供了必要的保障。

搜索引擎在数据洪流中持续进化，Feed只是下一个必要的环节，最终形成无所不在的搜索引擎+推荐。越来越智能化的机器可以做到“举一反三”，到最后用户只说几个词，机器就可以知晓用户想要表达的整个意思。另外还可以自动分析用户所在的位置、身份、习惯等，利用这些信息来决定向用户提供哪些搜索结果。未来在很多时候，我们无须再主动“搜索”，基于搜索引擎的Feed可以主动猜测并推送我们需要的信息。设想一下，比如在一个餐厅吃饭时，搜索引擎已经根据用户之前的搜索内容推测出用户下一步的安排，即使用户还没“问”，都会主动帮用户收集好之后需要的信息，比如当前有什么电影上映，最近的电影院在哪里等。这种设想已经在百度的产品中有所尝试。即使对于用户暂时不关注的信息，不出现在Feed里，也会合理存储起来，像一座无形的图书馆，供用户以后前往探寻。智能化的搜索引擎正在伴随我们一起成长。

搜索是最大的人工智能项目

搜索引擎一刻不停地工作着，它就是人类学习精神的镜像，每时每刻收集处理着大量数据，抓取整个互联网上的页面和内容，不管是

电商、社交媒体还是新闻门户，搜索引擎都会“访问”它们。

搜索引擎是播种机、实验场和数字对撞机，结合语音识别、图像识别和机器翻译，通过大量用户的实际使用又可以采集回来更多有价值的数据，反过来帮助神经网络优化训练效果，形成一个良性的发展闭环。

自然语言处理技术的发展会带来更多的惊喜。机器除了可以快速写作具有一定格式的财经、体育新闻，即便在文学方面，机器写出的“唐诗”也令人难辨真假。看篮球、足球比赛时，解说机器人不但能够迅速通报赛场状况，还可以同时回答很多人的提问。这有点像科幻电影《Her》里的智能程序萨曼莎，她可以同时和无数人谈恋爱。恋爱大概是人类最深度的语言、思想、情感交流。萨曼莎堪称自然语言处理技术的一个高级象征，描绘出人类与机器的深刻关系。也许未来，搜索引擎真的会像萨曼莎一样，穷尽符号信息，闯进语言与意义的空隙之处，超出人类的想象。

严格来说，人工智能是一种“体力活”，要有足够的体力才能经受住那样巨大的数据和计算。而在一般的大学高校或者较小的互联网公司，数据量和硬件成本上的门槛使得发展人工智能受到很大的限制。即使不考虑CPU、GPU等硬件的购置费用，光是运维这些硬件的成本就很高，AlphaGo下一场围棋就要耗费3000美元电费。现在百度除了传统的服务器、带宽等基础设施，还拥有数百台支持人工智能运算的GPU服务器，最高配置的服务器上可以安装16张GPU卡。在这一切的基础之上，将数据储备、硬件基础、市场规模和人才团队统筹起来，最大限度地发挥优势，所追求的就不是一时一地的得失，而是最大、最基础的人工智能平台，为人类“知道更多，做到更多，体验更多”而努力。

人工智能，这是百度的命运

可以说，人工智能对于百度、谷歌这样的公司，是一种内在的诉求，也是互联网、移动互联网和数据大爆发自身的诉求。国内在这个领域很难有其他公司能与谷歌、微软这些拥有规模优势的公司抗衡。建立基础设施基地和人才高地，是百度义不容辞的责任。

将人工智能的火种传递到更多人手中，创造实际价值，让生活更美好，让国力更强大。这样的愿望给了百度人动力，也是百度能够集结众多人工智能科学家的原因。

林元庆本来在NEC美国实验室研究人工智能，那里的条件和氛围都很好，学术性很强，可以专注于研究和发表论文。但是他还是选择离开熟悉的环境，选择了百度。他说最重要的原因就是，作为一个人工智能的研究者，他觉得把深度学习的技术真正实践到应用层面是非常关键的一环。现在中国有超过7亿的互联网用户，超过12亿的手机用户，都是世界之首，如何让广大用户都享受到人工智能带来的改变并参与这种改变？这种探索的价值能够影响全中国所有人的生活。他迫切感到“这是最好的时刻，是人工智能最有希望的机会，错过了就太可惜了”。

但人工智能从不休息，当人类在睡梦中，它们依然在机器世界里奔涌，在无尽的循环往复里蝉蜕蝶化，终将飞向世界！

这里想引用一位著名哲学教授写在20世纪90年代的一段话作为结尾：

在天堂里，人还不是人。更准确地说，人还没有被投放到人的道路上来。现在，我已经被抛掷出来很长的时间了，循一条直线飞过了时间的虚空。在什么深层的地方，还是有一根细细的绳子缚着我，另

一头连向身后远处云遮雾绕的天堂。个体灵魂不是她自己选择的，而是从天堂抛出的系在她身上的细线，使她的身体身不由己。薇娥丽卡自己不可能去找到一种生命热情，只能从自己身上发现自己的生命热情，这就等于发现把自己的身体与影子系在一起的那根细线。从天堂那边抛出来的细线决定了薇娥丽卡身体的生命方向和个体灵魂的在世负担，感觉到自己的个体命运。所谓个体命运不过是，一个人感到唯有这样的生命热情的散发才让自己有美好地活过的感觉，才有自己身体的在世幸福，以至于非如此生活不可。[注]

---

1. 刘小枫。沉重的肉身［M］.北京：华夏出版社，1999.

04

中国大脑计划：自下而上的超级工程

人机世界迫切需要新的大脑

很多人工智能科学家都拥有生物学和计算机科学两个方向的专业背景，这大概是智能生物发展的一个缩影。

地球就像是一台生物计算机，漫长的生命进化过程就是各类生物“程序”不断迭代的过程。在自然环境的作用下，无机物渐渐聚合成有机分子，有机分子演化组合成为蛋白质分子。携带生命信息的蛋白质分子仿佛是一个个数据字节，数量巨大又随机组合，能穷举出各种组合形态。其中一些不仅可以吞吐物质，还能进行新陈代谢并复制自己——生命便由此产生。

最基本的生命单位都携带着遗传基因编码。从此，生命的“编程语言”诞生了。大自然之手利用这种语言进行各种创造——基因代码变异、组合，产生各种新的生命体征，进化出五花八门的生物。而神经系统发育水平的高低直接决定该种生物的等级。

每种生物和新的生命组织都可以看作一段可执行程序。程序之间可以组合，代码可以更新，从而发展出更强大的程序。如果这段程序运作良好并且能可靠复制（繁殖），它就会生存下去。正如计算机中的程序必须“完善”才能持续运算下去一样。

不过，与我们如今手边的任意一台计算机相比，地球这台巨型生物计算机的运算速度实在是太慢了，一个程序的运行过程就是一个生物体的一生。几十亿年过去，才发展出唯一一种最高等级的智慧生物——人类。很自然地，这个星球上也没有什么自然生物可以进化出超过人类的大脑了，除了人类自己创造出的计算机。

计算机中的程序可以飞速迭代，但借此衍生出的人工智能并没有飞速发展。由于基于规则的编程和迭代太依赖人类，结果反而被人类

制约了。如果让计算机自己编程呢？毕竟深度学习就是建立在非线性编程原理的基础上，让程序自己改造自己。我们往往难以理解深度学习神经网络解决问题的逻辑，正如人类并不了解自己脑中的那些意念、思想究竟是如何从脑细胞里产生的一样。

地球早已被生物层覆盖。如今，这部生物计算机迎来了第二次进化，那就是同样包裹着地表的计算机、通信网络、各类传感器和人类活动共同构造的信息层所孕育的进化。在数据分子与人类的结合中，新的数据生命形态正在形成。它们需要新的大脑。



图4-1 百度大脑示意图

注：使用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

百度大脑就是这样一种尝试。比起生物界不自觉的进化之旅，它更在意的是当下的实际运用：个人、企业和社会都迫切需要人工智能的辅助，然而人工智能还散落在各处。百度大脑规划着要提供集中而优质的人工智能，通过互联网神经元把相关信息传导循环起来，加速世界的智能化。

第一棒：百度大脑

几年前，亚当·考特斯（Adam Coates）在斯坦福大学的研究进入博士后阶段，他曾问导师吴恩达："做什么事情，在哪里做，能够让我们的研究在这个世界上产生最大的影响力？"吴恩达告诉他应该去百度。说起这件逸闻时，亚当担任百度硅谷中心主管已经一年多了。

如今，大概没有人能否认这组对话中蕴含的深谋远虑。不过在最初时，百度美国研究中心还扮演着员工赴美出差"中转站"的角色。

2014年，百度第一次披露"百度大脑"，这个抽象的概念仅仅在媒体上留下了一个影子。经过两年沉淀后，才有了2016年乌镇世界互联网大会上百度"第一次向外界系统介绍百度大脑"。此时，外界得知它已经和超过3万家企业展开合作。

研发百度大脑是一件苦差事，但负责研发的人未必都是苦孩子。这个团队里有从小玩小霸王的极客；有人的家乡还没有被百度地图所覆盖；有人在做"百度医疗大脑"的同时，重拾起学生时代对医药领域的热情；还有人一边说着"很难、很深"，一边坚持研究如何"把体验做到极致"。这种极致，有时对标的甚至是科幻。

许多百度大脑年轻的科学家都爱看科幻影视。普通人看到的是"幻"，这群博士、博士后看到的是"科"。同样是看美剧《西部世界》，语音部门的工程师高亮就说："看剧情发展，我感到唤醒设计、声纹识别和远场技术被做到了极致。对，未来人机互动就应该是这样的！"

建设百度大脑也带有科幻成分。我们不妨先从了解其基础架构开始。

百度人工智能业务最基础的是“物料层”，有基于GPU/FPGA的云计算平台、深度学习代码平台和大数据储备。这一层提供了进化的环境和工具。最上层SaaS是人工智能的各种应用。

介于两者之间的是“人工智能基础技术层”。大脑所具备的“听说”（语音识别与语音合成）、“看”（视觉识别）、“读写”（自然语言处理）等认知功能就在这一层，大脑具备的决策规划、运动控制、预测推荐等决策功能也在这一层。

广义的百度大脑即包含了以上三层。张亚勤认为，三层的结合更体现出百度大脑的综合实力。

百度大脑是百度云的核心引擎，百度云是百度大脑的云化，云为百度大脑提供了神经元和数据训练源，百度大脑则通过云向各类产业输出服务。

具体来说，在“物料层”，百度是全球首家将GPU芯片大规模用于人工智能和深度学习领域，并规模化商用ARM（Acorn RISC Machine）服务器的公司。百度也自主研发了基于FPGA芯片的服务器。加上传统的基于CPU芯片的服务器，把这么多性能、结构、原理各异的服务器整合在一起，就需要强大的异构计算能力。通过异构计算技术、100G RDMA通信技术、高效的整机柜服务器技术，百度打造了全球最大规模的GPU和FPGA混合异构计算集群，把数十万台服务器合为一体，构成百度大脑的实体，保证了百度大脑超强的计算能力。

有了强大的硬件构造还不够，大脑中还要有内容和数据。这就好比是人类的记忆。在IaaS之上的PaaS是我们人工智能的平台，所有的样本、特征和功能都在PaaS这个层次生长。百度搜索十多年来累积的全网Web数据、搜索数据，以及百亿级数量的图像、视频、定位数据都是百度大脑不断学习、快速成长的养料。

在大脑结构和记忆内容之外，百度大脑还要有认知思维能力。系统通过深度学习来模拟人类大脑的神经元，即通过万亿级的参数、千亿级的样本、千亿级的特征训练，来模拟人脑的工作机制。这也是世界上最大规模的深度神经网络。

“人工智能基础技术层”包括语音识别、图像识别、自然语言处理以及所有的知识图谱、商业逻辑和用户画像。

SaaS层面可以看作百度大脑的触角层，会更加垂直化，深入交通、教育、金融等各个垂直行业。对百度来讲，这三个层次就是百度大脑通过云和垂直行业，给商业客户提供的一种能力和服务，更是一种营造智慧生态的能力。

百度大脑全面超越了过去的信息技术服务，比如过去只是做计算、存储和网络，大家都可以做，现在三个层面有机结合起来，灵魂就在于贯穿全体的人工智能。

通过硬件—数据—算法的联合滋养，百度大脑的能力会滚雪球式增长，越来越善于处理数据、提取知识、了解使用者、善于解决问题并获取更多的知识，实现“数据—知识—用户体验—新的数据”的正循环。

另一位“互联网教父”尼古拉斯·尼葛洛庞帝（Nicholas Negroponte）说道，“当我听说‘百度大脑’的时候，我觉得这些人真是太疯狂了”。制造机器大脑，看似一个科幻文学中的疯狂幻想，但科学家的信念和努力，使得看似“疯狂”的想法已经走在平稳实现的道路上，正如一个真实生命的成长。

训练“大脑”就如同教育孩子，从零开始，在语料而非语法的熏陶下学习语言，从大量图片中形成对事物的“印象”，这个过程就是通过试错来熟知世界。也许同样的事情，人类1岁孩子都能简单做到，而百

度大脑常常要花上几百倍甚至上万倍的时间和精力。可是从另一个角度看，它像是全人类的孩子，有希望继承现有文明的所有经验和记忆，人工智能“大脑”的进化本质上是人类文明的进化，潜力无限。

目前，百度宣布将向社会免费开源人工智能深度学习平台PaddlePaddle，开放百度大脑开放平台ai.baidu.com。前者为开发者提供算法编程环境，后者为应用开发者、数据工程师、数据科学家提供现成的百度人工智能成果接口。百度大脑实实在在地分享着，愿与所有相关企业一起融化人工智能这座冰山。

百度大脑的听与说

人机对话的第一步，就是要让机器学会“听”和“说”。“听”是不断追求准确度，“说”则是要让大脑有人性、有人味。

作为“大脑”最基本的能力之一，实现“听”这一功能的语音识别技术研究经历了从标准模板匹配转向基于统计模型再到深度神经网络的过程。起初，辨识语音必经声学模型到音素模型，再到语言模型的多步骤转化。近年来，在大量语料和深度学习的训练下，这一步骤已经被极大简化，机器从输入到输出中自行生成程序，准确率有了大幅提升。百度大脑也就“听”得更清楚了。

2011年，百度在语言识别领域起步，到了2016年，百度语音识别技术的准确率已达97%。

2012—2016年的4年里，百度语音识别的准确度提升了近30%。即便是有严重地方口音的普通话，每100句中百度语音也能毫无差错地识别出85句。按照可以听错一个字的标准来计算，百度语音则可以准确识别出98句，而未经训练的普通人只能听懂60句。这个识别体系要做

到方言识别，需要至少720小时的语料用于训练，从声音、内容到说话者，都要不断变化以提升系统的敏感度。

要让百度大脑“说人话”更是一件很有难度的事情。百度则是运用声学模型和语言模型。声学模型决定了语言的发音。打出一个字，系统就在原始音库中找到合适的发音对应上去。要让电子发音没有机器味而有“人味”，就要为语音资料建库。例如让机器学习时间从20小时升到100小时，此后机器模仿出来的声音听起来就舒服多了。为了保持语音的连贯性，不至于让合成语音听起来像“断气”了一样，百度大脑语言模型还会持续提升文本库的学习连接概率。比如说出“中华”，系统还能在后续词组中选择“人民共和国”“民族”“儿女”等进行匹配。

长语音是让机器语音更有气场的技术。情感合成、远场方案、长语音方案等能为合成语音加入情感，让其更接近真人发声效果。

语音识别的场景应用极为广泛。比如我们可以借此创造出一个“最强销售员”：销售员新手给客户打电话时，百度大脑实时记录客户的回复，并显示在电脑屏幕上，系统可以瞬时搜索并调取优秀销售员以往对这些问题给出的回复。这样，每个“菜鸟”只要“照本宣科”，就能在上岗第一天掌握过去最优秀的销售员所具备的交流能力。另外，2014年，百度为特斯拉汽车提供智能语音方案，中国车主可以使用语音控制车载娱乐系统、指挥地图导航、发起搜索，甚至通过蓝牙拨打电话。

随着语音识别而来的还有对语音特征的抓取。例如在胡歌朗读《青玉案·元夕》的上阕后，语音识别系统可以自动生成下阕。对于一些语音有特点的明星声音，目前只需录制和分析大约2000句，系统就能合成他们的声音。

目前，百度每天响应的语音合成请求达到了2.5亿次。在情感语音合成技术上线后，用语音听小说的百度用户每日停留时长从过去的

0.69小时增加到现在的2.21小时。未来，这一功能除了“读小说”还将给予人们情感慰藉。当家里老人和孩子想念忙碌的家人时，可以随时有“他们”的声音陪伴。

百度基于神经网络翻译模型技术的机器翻译系统正在快速学习各类语言。经过6年的积累，如今的百度翻译已经可以支持全球28种热门语言互译，覆盖756个翻译方向。百度语音可以支持粤语、沪语等方言的识别。

上帝曾伸手割裂了人类的语言统一，让四面八方的人由于语言不同而无法沟通。有了机器翻译，人类终于可以携起手来，建造出一座真正的巴别塔(注)。

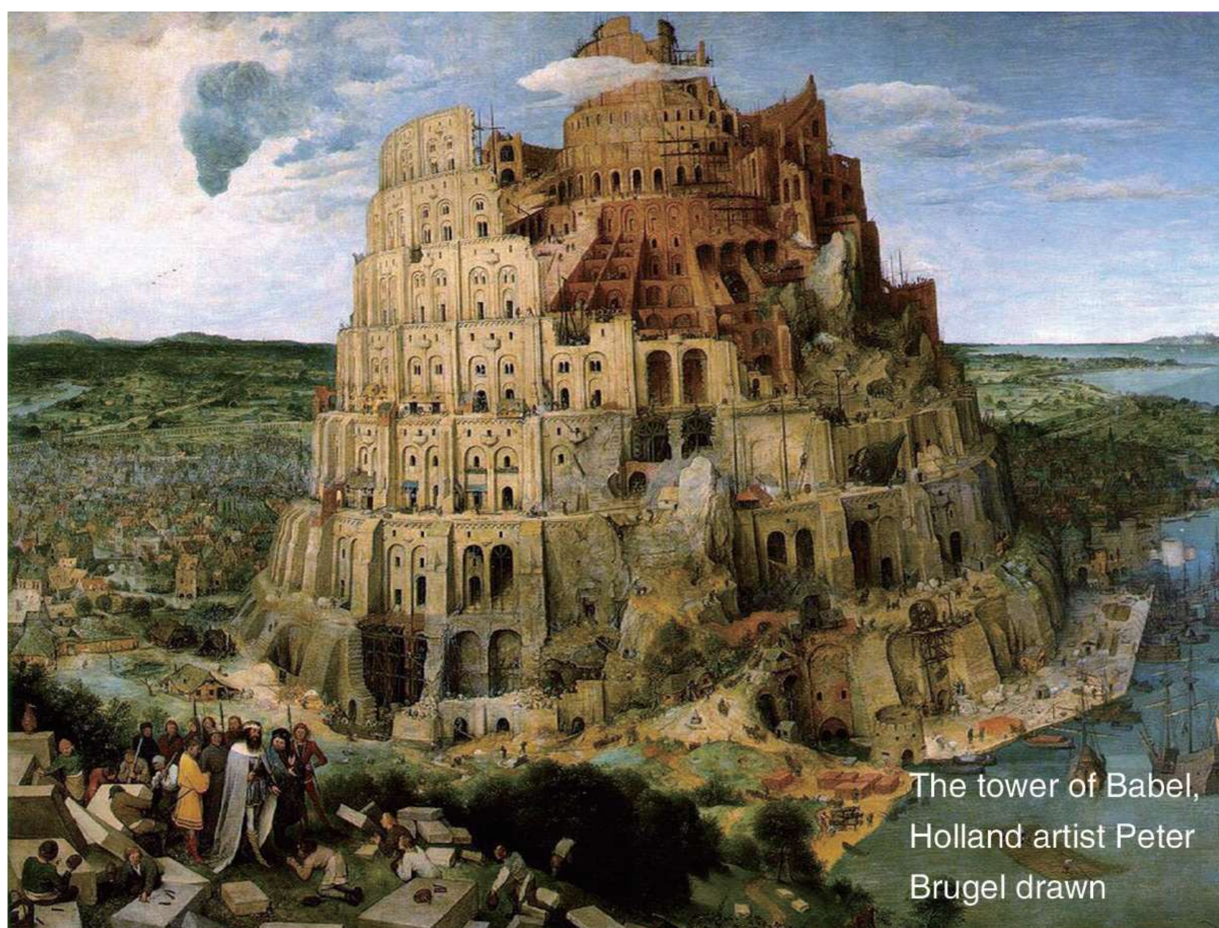


图4-2 荷兰画家彼得·勃鲁盖尔绘制的巴别塔

注：使用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

百度大脑的好视力

“视觉”承担着我们80%的信息摄入工作。在解决“听”“说”问题的同时，我们也要教会计算机“看”，即图像识别。以识别一朵花为例，用户将图片上传百度后，百度大脑将它转化成“0101”的数字流，然后输入深度神经网络，经过层层分析、层层抽象，对包括像素在内的各层信息与现有的大数据进行比对，才能重新还原并识别出它是一朵花。这种方法其实和人类眼睛的功能是近似的。

这一切都要建立在预先对图片做出分类的基础上。目前世界上最大的图像识别数据库ImageNet的图片分类有1000多类。而百度图片数据库的分类则已经达到4万类。

百度正在从四个方面推进计算机视觉计划。首先是人脸识别，通过捕捉人脸关键点形成人脸表情网，实现人脸的准确识别；其次是在类似百度地图的产品中，实现地图服务与图像智能识别技术的结合，打造数据无限逼近现实世界的效果；此外，百度无人驾驶技术也正在利用计算机视觉进行程序优化，从而使无人车的研发速度加快；图像识别还会被应用于AR（增强现实）领域提高视觉效果。

百度的人脸识别已经远远超过人类，百度资料库中有超过2亿张人脸照片，浏览识别训练量超过200万张。目前，百度大脑能够自动确定图片中人脸的数目及每张人脸的位置和大小，并支持正面、侧面多个角度。即使目标在运动中也不会降低甄别率。系统通过定位眼睛、眉毛、鼻子、嘴巴、脸颊轮廓等70多个关键点位置，能够进行像素级人脸解析，并根据人脸图像识别人的性别、年龄、表情、姿态等属性。

像AlphaGo团队一样，百度也好奇自己的技术边界在哪里，人工智能的研发体系究竟有没有偏差？为此，百度团队参加了江苏卫视大型科学类真人秀《最强大脑》，与能够裸眼区分520杯水的“水哥”王昱

珩一战高下。在此前的节目中，“水哥”战胜了蚂蚁金服的人工智能“蚂可”。作为国内最强人工智能技术的结晶，百度团队为了这次荧屏上的人机对战特意优化了算法，最终证明百度团队的机器人小度确实技高一筹。

在百度人脸识别技术落地的产品中，最为“高大上”的当属乌镇的“刷脸”门禁系统。有出入资质的人将面部信息事先录入系统，今后出入任何安装有“人脸闸机”的地方，只需“刷脸”即可。

这种技术在百度内部俗称“1对1”，也就是一张面部与资料库中的信息比对，与之对应的是“1对N”。这个概念我们经常在西方谍战电影中见到：系统在监控信息呈现的茫茫人海中搜索一个人的面部信息以确定其方位。尽管国产电影中我们很难看到这种“炫技”，但在“1对N”的比对中，百度能真真切切地做到99%以上的识别准确度。

这项技术说起来容易，做起来难。等到技术成熟和数据库之间互相联网时，我们出门乘坐飞机、火车就无须出示身份证以供查验。因为当我们进入任意的交通枢纽，被摄像头拍摄到面部信息时，系统就能通过人脸识别确认我们的身份和购票信息。这相当于普通人都能获得一条绿色通道，出行效率和公共秩序都将大幅改善。

百度的人脸识别系统只需要1根蜡烛汇聚在1平方米以上的亮度，就能够完成识别和判断过程。在远程开户场景中，活体识别技术反应速度达到每秒20帧，交互过程费时不到2秒。在这一基础上，结合视频序列，百度已经将人脸身份验证应用在百度金融反欺诈领域，用于贷款审批、远程身份证识别、银行卡识别等，从而精准识别用户，预防欺诈。

百度大脑的“好视力”除了搭载大数据，还能做到许多脑洞大开的事情。当我们拍摄了各种角度的故宫太和殿照片后，百度大脑可以去掉重叠和无用的图片信息，通过计算和建模完成太和殿的三维结构建

设。这样，千里之外的人们也可以通过网上的虚拟游览身临其境般地感受太和殿的宏伟。随着上传的照片越来越多，百度大脑就能重构更多的景点，让世界各地的人们都可以足不出户体验三维虚拟旅游。

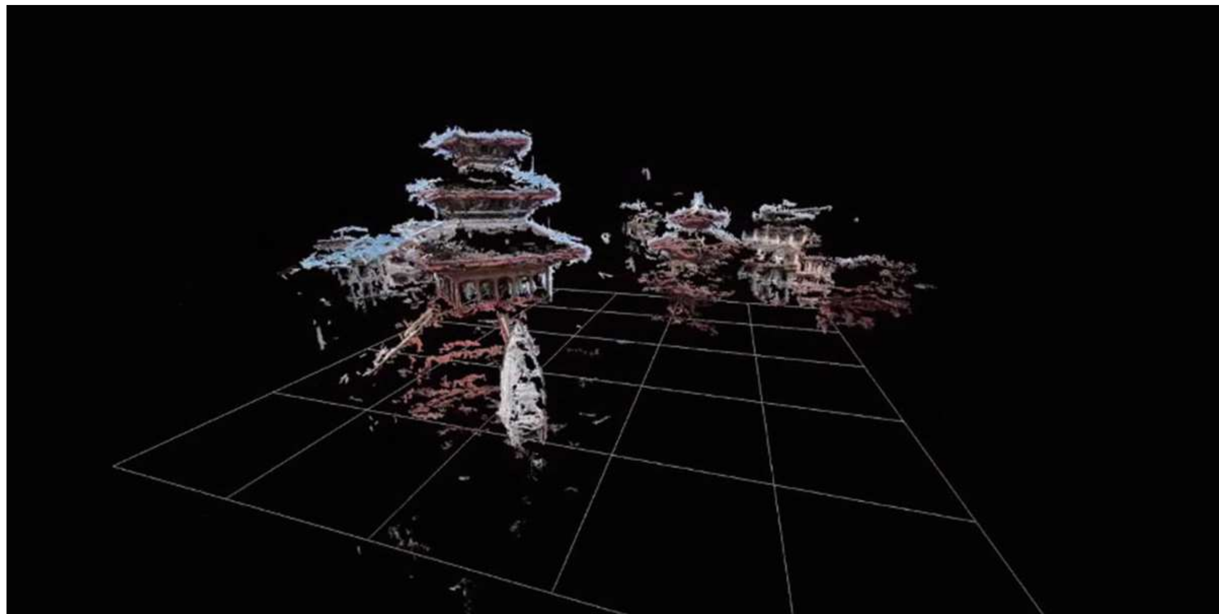


图4-3 玛珠庙（Maju Deval）数字化三维复原示意图

注：使用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

2016年底，上海虹桥机场出现两架客机仅差3秒险些在地面相撞的事故。塔台的调度和预警功能在这一事件中没有发挥出来。所幸飞行员没有坐等塔台指令，而是紧急处置，避免了一起重大事故的发生。这件事也再次提醒我们，完全依赖塔台人工指挥的模式终究难免有疏漏。

林元庆在与民航部门的交流中了解到这样一个细节：机场塔台工作人员为了了解跑道路面情况，每4小时就要派人去检查跑道。这个岗位专业需求度低、薪资低、劳动强度大、人员流失严重，完全可以用人工智能取代：在停机坪附近安装摄像头并结合人工智能对跑道环境进行实时三维重建。飞机、行李车、机场勤务车和所有人员的动作都能实时体现出来。除此之外，跑道上意外掉落的零件和所有异物也能

在第一时间被发现，并不会出现遗漏。这种系统建立的准确度、可预测性和安全性都远远高于人工检查。

时代召唤中国大脑

2015年全国“两会”上，我作为政协委员提交了设立“中国大脑计划”的提案——由国家投入专项资金主导，尽快搭建全球最大规模的人工智能基础资源和公共服务平台，比如建立一个拥有几十万台服务器的大型人工智能平台，支撑各个计划参与方的数据调用、模型调试和应用开发，高效对接全社会的智力、数据、技术和计算资源，依托统一平台，实现资源共享，促进研发创新。这将是新一轮工业革命的助推器。基础研究的成果应该让更多中国企业受益。包括语音识别、图像识别、自然语言的理解、多语种的翻译，甚至无人驾驶汽车、无人驾驶飞机、智能制造方面的机器人都可以在这个平台上进行各种各样的创新和实践。

这件事如果只是百度来做，可能只能提供几万台服务器；如果由国家主导投入，那就是几十万台服务器。平台大了就可以降低成本，鼓励更多的创新。国家持续、稳定地大规模投入，让一大批企业成长起来，随之而来的就是越来越多的创新，从而奠定未来10年、20年甚至更长时间里中国在全球创新领域的地位。这是我一直以来的想法：我不在乎华尔街怎么看，我一定要把这事儿做成。

然而任何一个超级工程都可能面临争议。

2016年9月，一场高能物理界的事件意外掀起舆论飓风——“超大粒子对撞机之争”从学界延伸至社会。普通民众都开始关注起“粒子对撞机”这一深奥的物理名词。

粒子研究的重要性在科幻小说《三体》中表现得淋漓尽致——外星智慧生物为了阻止地球科技进步，利用量子纠缠原理创造出拥有十一维度形态的“智子”，发射到地球上。以光速运动的智子能同时干扰人类的所有粒子对撞机，精确破坏粒子对撞结果，锁死人类的基础物理研究，将人类科技禁锢在一个较低的水平上。

“超大粒子对撞机之争”从两位局外人——美国数学家丘成桐和哈佛大学物理学博士王孟源的论战开始，历时3个月。还惊动了诺贝尔物理学奖得主杨振宁和中国科学院高能物理研究所所长王贻芳。

面对中国要不要建造超大型粒子对撞机的争论，反对者指出，建造对撞机需耗资数千亿美元，电能消耗堪比一座大城市，但收获的结果却极为不确定，可能沦为一台物理学者的“大玩具”——美国搁置了类似计划，欧洲大型强子对撞机[注]成果寥寥。所以中国为什么要开建?

支持者则认为，研究上帝粒子“希格斯玻色子”[注]非常重要，这将解开“宇宙如何诞生”的天问。美国和欧洲的放弃和无为正好为中国提供了机会窗口。作为崛起中的大国，中国理应承担理论物理前沿研究的责任。

最终，这场争论以超大粒子对撞机未获得“十三五”规划审批而暂告段落。

新中国成立半个多世纪以来，从不缺乏大计划。从改革开放初期的“863计划”中第一次提到“智能计算机”一词至今，中国科学家用40年的时间逐渐追赶上先进国家的步伐。鲜有人知的是，在没有超级计算机、没有大数据的年代，中国人工智能是从大学实验室录制音库起步的。正是前辈科学家的坚持，中国经济实力与科技实力的与日俱增，互联网企业才能在风调雨顺的中华大地上迅猛成长，集涓成流，浩然成势。

此时，百度建立于中美两国的人工智能研究室里，超过1300名不同族裔和国籍的研究人员正夜以继日地对数百个相关项目进行处理。他们的成果都将汇入百度大脑。这些研发者就像是当年“曼哈顿计划”中的1000多位科学家，像是今天欧洲核子研究中心的3000多位科研人员，他们做着超前于时代、暂不为人理解的工作。改进算法、建模升级和分析处理，百度大脑的研究人员正如粒子加速器中飞奔的粒子一样，酝酿着一场智能革命。

中国大脑计划不同于超大型粒子对撞机。后者占地巨大、能耗惊人（欧洲的粒子对撞机运行需要1200万千瓦电力），开发中国大脑却是一项自下而上、水到渠成的工程，国家无须豁出血本，需要的仅是方向与决心。

“规模经济”是中国产业成功的基本因素。在我们这个拥有超过13亿人口，7亿网民和数以千万计工程师、科学家的大国，海量的数据、充沛的人才、丰富的企业案例、各种各样的应用场景像流水一样奔腾。如果不能物尽其用，错过这一波智能浪潮，而将科技制高点乃至国家安全拱手相让，才是真正的“浪费”。正如互联网海量数据催生了Hadoop（由Apache基金会所开发的分布式系统基础架构）、Spark（加州大学伯克利分校的AMP实验室所开源的类Hadoop Map Reduce的通用并行框架）等流数据处理技术一样，人工智能已经在中国各地分散发展，犹如一个个神经节点，以其脑波促进中国大脑的到来，这是时代的召唤。

中国大脑，中国气派

斯坦福人工智能实验室负责人、全球著名图像识别数据库ImageNet创始人李飞飞这样描述：“从科学到科技再到产品，就像一个4×100的接力赛，每一棒都有它特别的功能，学术界应该算是这个

4×100接力赛的第一棒，工业界和实验室是第二棒，产业化、投资是第三棒、第四棒。”

为了这最关键也最刺激的最后两棒，2013年1月，欧盟曾宣布投入10亿欧元，旨在用巨型神经网络计算机模拟整个人类大脑。2016年10月初，美国连发《国家人工智能研究与发展策略规划》和《为未来人工智能做好准备》两份报告，制定人工智能研究与发展策略规划。这一年，中国官方的报告中也频频涉及人工智能。2016年5月，国家发改委、科技部、工信部、中央网信办联合发布《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》。2016年8月，国务院《“十三五”国家科技创新规划》发布，人工智能再次成为核心看点。

人工智能是普世的吗？当然。这是目标，但这种普世注定不是某个单一国家能给予的，人工智能的发展必然像生物进化一样充满多元竞争和地方特色。值得玩味的是，美国科技巨头在人工智能赛道上竞逐时，却意外地在中国遭遇水土不服。

2016年末，IBM的医疗机器人Watson落地山东。这个在美国大获成功的机器人，一来到中国“打工”就被语言绊住了。IBM在汉语素材上欠缺积累，让这次合作从一开始就出现了裂痕。Watson这位“技术大神”能够听懂世界上多种语言，却对上海话、广东话、闽南语无能为力。

这不是一个孤例，由东西方生活、思维、文化差异造成的隔阂，历史上从不罕见。

同样是搜索，中外网友的关注点全然不同。在2015年谷歌人物热搜榜上，排名第一的是NBA球星拉玛尔·奥多姆（Lamar Odom），第二名是女子格斗家隆达·罗西（Ronda Rousey），第三名是美国电视节目名人凯特琳·詹纳（Caitlyn Jenner）。这几个人物恐怕只会出现在极

少数中国人的搜索框中。而在2015年百度人物热搜榜上，排名靠前的是金星、王思聪，顿时“接地气”许多。

在硬币的另一面，微软聊天机器人TAY在推特上玩耍了24小时，就学会满口脏话、种族歧视、性别歧视，这倒是非常的“美国特色”。

显然，在多元化的网络世界里，没有任何一个国家、机构能“独当一面”。只有不同文化、经济、政治背景的基因进行竞争，才能对网民的需求做出全面恰当的回应。

从国情来看，中国发展人工智能较欧美国家有着更强烈的内在驱动，这种驱动来自民间。百度搜索统计显示，有关“服务”的搜索请求数量始终在迅速增长：2014年比2013年增长了133%。2016年在基数更大的情况下，仍有153%的增长。

在移动互联网领域的应用上，中国比美国更普及。中国网民早已习惯于诉诸互联网寻求服务。如今中国每100张电影票中就有55张是通过网络下单预订的。与之对应的是，互联网服务在美国电影行业的渗透率只有20%，也就是说100张电影票中只有20张是网上订票。比如，中国餐饮行业的互联网渗透率是2%时，美国只有1%。

中国之大，之特殊，要高效实现中国网民的服务需求，人工智能创新就是一条必由之路。

驱动的另一个源头则是产业焦虑。中国制造业成本上升很快。放眼全球，工业越来越自动化和智能化，高端制造业可能会回到欧美，而低端制造业已开始流向越南等国。如果不在短时间内完成产业转型，中国制造业将面临“空心化”的困境：高端制造业、低端制造业都将流出中国——这个转型，能不依赖人工智能这一环吗?

尽管局势紧迫，但中国的实力值得看好。中国企业的执行力、中国政府的支持力度都是新兴产业的强力后援。

如果说网民的需求是“天时”，企业与政府的合作是“人和”，数据则是中国大脑发展必不可少的“地利”。在这一领域，中国更是得天独厚。

庞大的人口规模、复杂的社会环境和面向不同应用场景的互联网企业，汇合收集这个数据全集意义非凡。可以预见，不久的未来除了个人数据，依托于公共环境或者政府背景而产生和积累的数据，如汽车注册信息、学籍学历、犯罪记录等，将以加密的方式形成个人基础电子档案。企业与市场通过服务输出获取的数据，如信用卡账单、消费记录、网站浏览偏好、惯用手机品牌等，则将以用户授权的方式再次转化为服务回馈给使用者。

这里的“使用者”，不是会编码、能建模的“码农”博士，而是普通的公众群体。让更多的人也能便捷地使用智能设备才是真正意义上的科技福利。

当年，美国“阿波罗登月计划”带动大批企业成长创新，美国军方用于“冷战”对抗的ARPAnet（美国国防部高级研究计划局组建的计算机网）衍生出了互联网。中国大脑这个充满想象力的超级工程对中国经济的贡献，也远不止是涌现一批明星科技企业和科技成果，而是将切实为整个经济和社会的转型提供服务和动力。

2017年，百度获批筹建深度学习技术及应用国家工程实验室，由百度研究院院长林元庆、百度深度学习实验室杰出科学家徐伟，清华大学的张钹院士和北京航空航天大学的李未院士组成团队班子。百度将与清华大学、北京航空航天大学、中国信息通信研究院、中国电子技术标准化研究院等共建单位一起，将企业优势资源整合，建设“国内领先、世界一流”的深度学习技术及应用研究机构，从研究突破、产业

合作、技术成果转让、人才培养等方面提升我国人工智能领域整体竞争力。

这将是创世纪的超级工程的开篇。

人文主义画家米开朗基罗完成了雄伟的壁画《创世纪》，其中有这样一幕：上帝之手触碰亚当指间的那一瞬，智慧的启蒙就此产生。这幅壁画中上帝的袍服宽大张扬，最近几十年，有人指出上帝袍服的形状其实是一个人类大脑的解剖图。在这幅壁画里，米开朗基罗悄悄藏进了启蒙的密码——上帝就在人类自己的大脑中，是人类自己启蒙了自己！

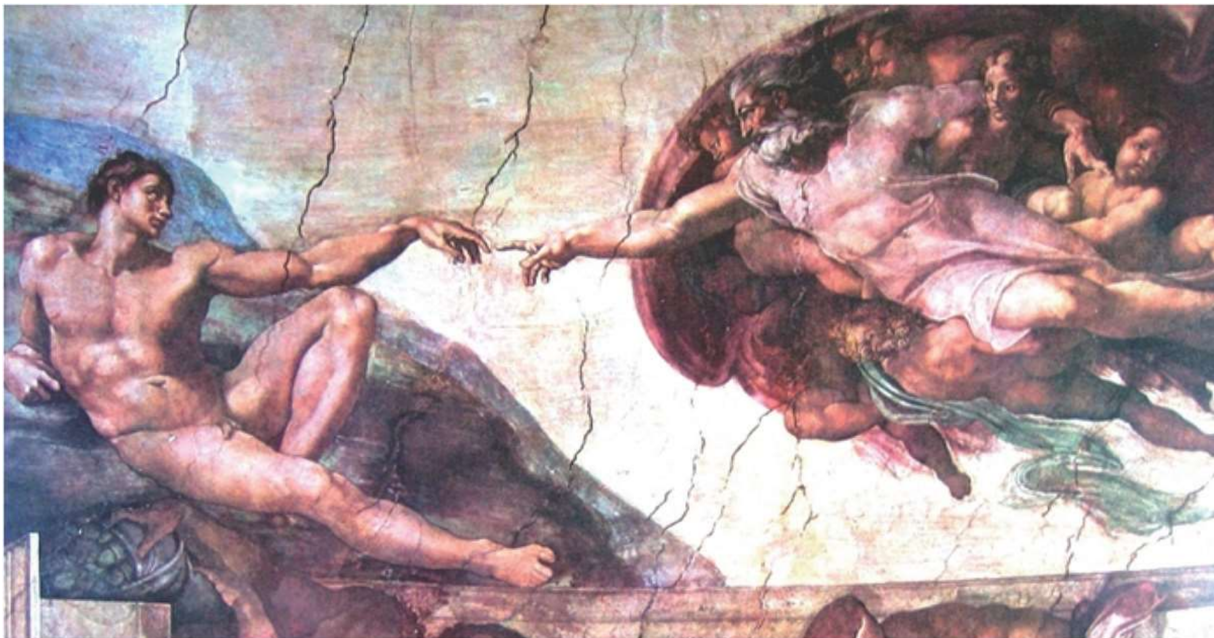


图4-4 《创世纪》局部图像

资料来源：http://baike.baidu.com/link?url=SyJFcW1lS-vbxAhPwGKX9xdyJ70qYAWrgzeQlQzWWP9-8mf6nTpA2ZjHdvOXtm4TqmWGR97VvSBWZiJ3VNwV61CISw9aC2eH_9ITjpBHq6FR-bmG6lb_LGVCK6J1rpkU

人类在自我劳作、自我启蒙中发展出自我的智慧。如今，深度学习神经网络也在自我运作、自我调试中创造新的“大脑”。这颗巨大的人工智能之脑将成为人类文明新的背景，它正是人类伟大活动的体现，并支持人类文明迈向更高阶段。

1. 《圣经·旧约·创世记》第11章宣称，当时人类联合起来兴建能通往天堂的高塔；为了阻止人类的计划，上帝让人类说不同的语言，使人类相互之间无法沟通，计划因此失败，人类自此各奔东西。此故事试图为世上出现不同语言和种族提供解释。

2. 2015年4月25日，尼泊尔发生强烈地震，不仅造成8000多人死亡，毁坏了成千上万的住房，还使许多历史建筑变为废墟。百度发起“See you again，加德满都”的行动，呼吁网民上传他们拍摄的历史古迹照片，以便百度利用自己的人工智能成像系统，以数字化方式重建这些文化遗产。活动中，百度共收到上传照片超过42000张，完成八个著名景点的数字重建，其中包括位于加德满都的玛珠庙。

3. 欧洲大型强子对撞机是现在世界上最大、能量最高的粒子加速器，是一种将质子加速对撞的高能物理设备，英文名称为LHC（Large Hadron Collider）。

4. 希格斯玻色子是粒子物理学标准模型预言的一种自旋为零的玻色子。物理学家希格斯提出了希格斯机制。在此机制中，希格斯场引起自发对称性破缺，并将质量赋予规范传播子和费米子。希格斯粒子是希格斯场的场量子化激发，它通过自相互作用而获得质量。

05

中国智造与文明升级

2016年底的一天，当百度地图召开发布会，宣布每日位置服务突破720亿次时，百度地图事业部总经理李东旻不禁想起十多年前自己第一次听到吕本富做互联网经济演讲时的感受。正在读研的他，形容自己仿佛在迷茫中看见了光，不久就抓住一个机会来到初生的百度实习。

2000年，堪称当时网红级学者的吕本富到处宣讲新生的互联网，在一个论坛上遭到一位上市公司老总的质疑，他回答："您是一位成功人士。为什么成功？因为在20世纪70年代短缺经济时期，您是第一批注重质量的；在20世纪80年代市场经济初期，您是第一个搞品牌营销的；在20世纪90年代过剩经济时期，您是第一个搞连锁、抓运作的。您的成功是因为总站在时代的前列。但2000年以后的潮流是什么您知道吗？"那位老总仿佛醍醐灌顶，当时就表示要投资互联网。

随着互联网经济的兴起，互联网思想市场也空前繁荣，大大小小的互联网财富宣讲师口吐莲花，吕本富的观点早已被掩盖。可是，这些意见当中有多少能把握住下一个浪潮？

人工智能是新的光，讨论它对总体社会的影响，只靠与互联网经济相关联恐怕还不够。这是一场漫长的社会进化过程的最前沿的变革，不仅经济、科技总体面貌将会改变，国家社会治理层面乃至文化、个人层面也将因为人工智能浸润而发生变革，由此，经济基础与上层建筑的共同变化将使文明样态发生改变。人工智能可以助力大同社会理想吗？可以有助于和而不同的社会秩序吗？回答这些问题，需要努力，更需要想象力。

从勤劳革命到智能革命

费孝通、杉原熏、阿瑞吉等学者在考察中国近现代图强历史中，渐渐描述出一条可以称作“勤劳革命”的道路。“勤劳革命”与西方工业革命重资本投入不同，其表现为：相对廉价但受过基础教育的熟练劳动力在相对小规模的单位工作；劳动密集型产业；推崇勤劳致富的工作伦理等。这条道路并非和工业革命对立，而是工业革命冲击下的一种应对。依靠“勤劳革命”，中国在一穷二白、资本稀缺的条件下完成了工业时代的逆袭，成为世界头号制造业大国，拥有全球罕见的完整产业链，GDP（国内生产总值）增速常年高居世界榜首。

过去三十多年里，中国几乎抓住了所有“崛起”的机遇。在第三次工业革命时期，中国初步完成工业化，补上欠了100多年的功课。20世纪80年代，西方国家纷纷去工业化，中国承接产业转移，成为世界工厂。20世纪90年代末互联网起飞，中国终于和美国站在同一起跑线上。如今移动互联网的发展中国甚至稍胜半筹。中国重新崛起的辉煌一部分要归功于全球化。加入世贸组织让中国商品更容易销售到全世界。在各个产业领域，中国人学习、消化先进国家的先进产业技术的速度很快。凡是中国人学会制造的商品，很快在全球范围内该商品的价格就会降下来。因此中国也会常常被指为“搭便车”。但是现在，当中国已经成为全球第二大经济体，越来越多的人认为中国无法再完全延续过去的韬光养晦式跟随战略，中国也需要担当引领者的责任，不仅要为全世界创造经济高速列车，也要提供技术指引乃至文明典范。

同时，“勤劳革命”自身也遭遇危机。人口老龄化、用工成本上升、大城市病、新兴中产阶级对环境污染的焦虑、国际竞争加剧、贫富差距扩大引发的不满等都在困扰这个国家……如果方向不对，“勤劳”也无法引领潮流。中国人渴望找到新的高速发展路径，如果方向明确，中国人愿意再一次发挥“勤劳”禀赋去学习、追赶。归结到产业角度，整个国家需要淘汰和转移落后产能，升级产业和消费层次。

在升级方面，中国也并非像一些舆论渲染的那样缺少创新能力，只能聚焦低端产业。“勤劳革命”的表述本身也多少掩盖了中国人技术革命的能力。中国的科技实力在大幅度提升，即便在高精尖领域也紧随为数不多的先进国家。2015年8月，中国科技大学的袁岚峰博士撰文，从《自然》杂志指数、全球五大专利局数据、科研投入数量、先进项目状况等多方面论证，中国整体科技水平正在以加速度逼近头号大国美国，稳居世界第二位。此文被多方转载刷屏，引发科技界和民间热议。

2016年10月，中科院与Clarivate Analytics公司（原汤森路透知识产权与科技事业部）联合发布了基于论文大数据分析的《2016研究前沿》，指出：“中国在前沿引领度方面与美国差距较大，与英国竞争激烈。潜在引领度方面，中国全面超越英国，位居世界第二，显示出强劲的后续发展能力。中国共参与68个前沿方向，其中30个领跑全球，与第一名美国总体上还有较大差距，但是在很多领域已经反超。”

在产业方面，中国的技术型大企业崛起，从工程机械制造到电信领域，顶尖企业具备较强的竞争力，能在全球范围与跨国巨头们一较高下。从劳动密集型产业向技术、资本密集型产业转化，虽然大有进步，但与先进国家差距仍然明显。以工业机器人为例，据国际机器人联合会（IFR）统计，2013年，中国制造业从业人员机器人保有量仅为25台/万人，而世界平均水平为58台/万人，其中韩国是396台/万人、日本是332台/万人、德国是273台/万人。对于机器人应用最多的汽车行业，先进汽车生产国的工业机器人使用密度均已达到1000台/万人，而中国仅为213台/万人。不过，也是从2013年开始，中国工业机器人销量在全球占比达20.52%，首次超越日本成为全球第一大工业机器人销售国。根据2016年的数据，中国的工业机器人使用密度已经达到49台/万人。

中国在人工智能领域的突飞猛进令世界瞩目，据《华盛顿邮报》称，中国在深度学习领域发表的论文数量已经超过美国，质量也不落后。在应用领域更是丰富多彩，2017年美国CES（International Consumer Electronics Show，国际消费类电子产品展览会）上，中国企业数量超过参展企业总数量的1/3，多项中国人工智能产品获得展会官方最佳创新产品奖。

在美国，资本主导下的高新技术产业在奥巴马任内高速发展，为全世界输送了技术，却也加大了本国分裂。制造业空心化使得人工智能等高新技术无法在本国充分落地消化。而中国遍地成规模的制造业、服务业，加上每年高校培养出的百万级工程师与海归人才，使得人工智能的原力正在获得释放。

三次技术浪潮冲击下的第一制造大国

焦虑已经持续了很多年。在20世纪90年代末，业界就开始流传这样的顺口溜："如今冰箱都能制冷，彩电都有影儿，PC都能定制，ERP谁都不太懂。"几句话言简意赅。前两句反映了工业化的困境。家电是中国制造的标志性产业，先后经历消费和产能的井喷。企业在早期都曾被质量问题困扰。少数企业致力于提升技术和管理，脱颖而出。当"制冷"和"有影儿"这样标准化的功能需求趋于饱和，质量过硬意味着生命周期长、替换率低，市场也就陷入停滞。

PC虽然都能定制，但仅限于CPU主频、内存、硬盘容量等性能，这由传统PC模块化的结构所决定，是一种相当初级的定制。与后来的智能手机支持应用、内容定制，支持数据生产、分享和反馈相比，不可同日而语。而未来的人工智能终端，其开放性又将远超智能手机。

ERP曾经被视为企业信息系统的核心，如今也已看见衰落的景象。尽管ERP的模板开发相当于对大量企业的数据进行了人工的深度学习，找出基本模式，还可以针对每个用户的特点进行二次开发。但本质上仍然是一种集中开发的模式，弹性不足，部署周期长，和业务有脱节，这是造成“谁都不太懂”的根源。ERP跟不上近年商业环境的变化，逐渐被云计算所替代。云计算不只是一种技术，同时也代表一种理念。对应着云（分布式）计算，企业也要从传统的集中管理转变为分布式管理。

在宏观层面，制造业正在边缘化。约翰·奈斯比在1982年写下《大趋势》，其中指出：“日本已经取代美国成为世界工业领导国……日本是第一，但只是一项衰退的赛事的新任世界冠军。”奈斯比认为日本也受到一些新兴市场的挑战，当时中国处于改革开放初期，还没有进入他的视野。20年后，中国成为工业化竞赛中最新、也可能是最后一任世界冠军。

就在三百多年前，世界上绝大多数人口都在田里耕作。没有人能想象得到，很快人们将涌入城市和工厂。今天的美国，农民数量已经不足劳动人口的1%。一百多年前，相似的一幕在更高层次上演，人们开始涌入写字楼。七十多年前，美国办公室白领数量超过了流水线上的蓝领工人。二十多年前，美国企业界大量裁撤白领岗位，很多人主动离开了朝九晚五的办公室。传统产业的组织模式正在发生巨变。

人们常说，美国的今天就是中国的明天。阳关三叠的长周期也正在中国发生，区别在于时间大为压缩。三十多年前，中国大部分人口还在田里耕作。二十多年前，中国才开始形成白领阶层。最近几年，白领群体的职业前景达到某种瓶颈。

这是新的不平衡规律。时间压缩更突出的表现是，在美国按时间展开的进程，在中国是同时发生并按空间展开。在互联网创业大规模展开的同时，大批的新工厂和新办公室投入运营，招募了大批农民

工、蓝领和白领。这种情况造成的局面错综复杂、波澜壮阔，处理起来更考验举国上下的智慧。

另一位未来学家，《第三次浪潮》的作者阿尔文·托夫勒在2001年的中国之行中评价：中国包含三个世界，第一次浪潮覆盖大约9亿农民，第二次浪潮覆盖大约3亿市民，而第三次浪潮，据托夫勒当时获得的国家计划委员会（后来重组为国家发展和改革委员会）数据，只有1000万人。中国的发展主题就是改变三次浪潮人口之间的关系。

今天，人口格局已经大为改变。国家发布的数据显示，2016中国城镇化率已达57.35%。城镇常住人口达到7.7亿。“十二五”时期，城镇化率年均提高1.23个百分点，每年城镇人口增加2000万人。

第三次浪潮吸纳了大量就业，但和第二次浪潮的边界是模糊的。互联网产业本身就同时包括本属三个浪潮的世界，以百度外卖为例，公司拥有大量外卖配送员，相当于传统蓝领；其次是运维人员，相当于传统白领；还有一个小而精的技术部门，包括人工智能团队，相当于顶层。就公司内部来说，管理文化差异如此悬殊的三个员工群体，是个不小的挑战。从外部来说，这正是中国发展道路的特点，需要勉力平衡这种反差与混合。

中国从第一次浪潮到第二次浪潮的跃迁过程，在2010年前后已经迈过“刘易斯拐点”。注

中国的部分低端制造业已经转移至越南等人工成本更低的国家。印度也雄心勃勃地计划“成为全球制造中心”。莫迪政府于2014年9月向全世界发布印度制造新政，包括提供一站式服务，改革劳动法和税收，简化审批程序，以吸引各国在印度投资设厂，增加当地就业机会。印度的多时空混合特质比中国更严重，英语理工精英与落后种姓制度比肩继踵，能否成为中国制造的有力对手，尚需拭目以待。

另外，欧美等老牌制造业强国也在努力，希望能够百尺竿头，更进一步。德国联邦教研部与联邦经济技术部在2013年4月的汉诺威工业博览会上提出工业4.0（第四次工业革命）的概念，得到官产学各界广泛认同。工业4.0已经上升为德国的国家战略，在全球范围内引发新一轮工业竞赛。工业4.0旨在提升制造业的智能化水平，利用物联信息系统（Cyber-Physical System，CPS）将生产中的供应、制造、销售信息数据化、智能化，在价值流程中整合客户及合作伙伴，实现快速、有效、个性化的产品供应。

美国正在试图逆转战后去工业化的趋势，让部分工厂回流本土。作为大国，局势错综复杂，存在各种力量博弈，如特斯拉这样的无人汽车工厂无助于就业，美国中下层人均收入缩减，很多回流的工厂没有回到铁锈地带[注]，而是部署在人力成本更低的南部等。新总统特朗普连续在推特上炮轰丰田、通用和福特，威胁它们把汽车工厂搬回美国，更加凸显了某种时空错乱的怪异特性。但无论如何，美国重振制造业的行动势必对中国制造业形成压力。

美国制造业提出的主要创新亮点在于3D打印。虽然一度以黑科技的面目出现，但3D打印的关键不在于技术，而是反映了制造业从大规模标准化生产转向大规模定制生产的趋势，最终反映了客户需求个性化、自组织化的趋势。

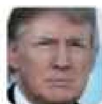


Donald J. Trump @realDonaldTrump · 1月5日

Toyota Motor said will build a new plant in Baja, Mexico, to build Corolla cars for U.S. NO WAY! Build plant in U.S. or pay big border tax.

丰田说要在墨西哥建新厂，为美国生产卡罗拉
没门！在美国建厂，要不然就缴重税。

2万　3万　11万



Donald J. Trump @realDonaldTrump · 1月3日

General Motors is sending Mexican made model of Chevy Cruze to U.S. car dealers-tax free across border. Make in U.S.A.or pay big border tax!

通用让墨西哥人造雪弗兰科鲁兹卖到美国
来美国造，不然就缴重税！

9.6千　2万　7万

图5-1 特朗普在推特上炮轰汽车制造商

面对这样的上下夹击，中国制造业的地位略显尴尬。尽管人力成本还有向中西部转移的空间，但中国整体正在逐渐告别低成本优势，迫切需要将竞争力转移到生产率和知识经济上。

张亚勤因为负责百度云计算工作，经常要和企业打交道。他认为，在工业互联网和智能制造方面，中国落后美国比较多。这么多年来，美国大的行业基本都实现了流程化，垂直行业的大部分公司都用

上了ERP，为此投入了上万亿美元，使得流程变得IT化、软件化。制造业不管是高精机械也好，流水线也好，自动化开始得都很早。中国在这个方面整体上相对落后。中国企业，尤其是很多小企业，没有统一的工作流程，IT程度比较低。

第二次浪潮到第三次浪潮的跃迁，即使是最前沿的美国也才刚刚起步。某种程度上硅谷的创新仍然以技术为主，与第二次浪潮中诞生的产业相对独立，互相的结合程度可能还不如中国。“物联网”概念的发明者凯文·艾什顿就极其看好中国的互联网与物联网的发展。张亚勤认为，就像消费互联网刚兴起时一样，各国都处在同一起跑线上，美国可以做，中国也可以做，中国甚至能比美国做得更好。现在当人工智能来了之后，原先的一些领先优势就不太重要了，甚至由优势变成了劣势。如传统企业花很多钱买Oracle的数据库，买IBM的ERP和数据库。这么多年来，基于传统IT技术的公司，产品越做越重，硬件也好，软件也好，越来越复杂。IT的投资、运营成本和人力成本越来越高，很多企业不堪重负。云计算是新的平等起跑线。云做的事情是把复杂性移走，让做云的公司帮企业做IT，不是像传统的ICP（互联网内容提供商）服务公司，派几百个人到你公司去做，而是提供虚拟化服务。例如，过去是在家里建电站、打水井。现在是提供电网、水网，企业只要打开水龙头就可以得到水。企业不再需要部署那么多服务器，不再需要那么重的ERP系统，只需要接入网络，就可以连接所有的服务——计算、存储、数据库。于是商业端服务也消费者化了，方便快捷。

昔日制造大国：人为物役

伴随人工智能产业的热潮，乐观和悲观的观点再次交锋。20世纪人工智能刚在想象和理论中成形时，争议就开始了。人们的恐惧和希

望都来自现实，反映了贯穿三次浪潮的人与技术的纠结关系。简略回顾一番技术与工具的历史有助于我们反思制造业与人工智能的关系。

商品的个性化定制背后站着生物进化的历史。进化论告诉我们，生物通过改变性状来适应环境。这个迭代过程非常缓慢，并且后天习得不能写入程序（DNA）。但是在工具领域，人类可以超越生理的进化，通过工具的改进、迭代来融合后天习得的知识和本领，改造环境、改变自己。

制造工具甚至成为人的本质定义。虽然有些动物能在某种程度上使用“工具”，如人类的近亲灵长类，但这些动物使用工具仍然属于条件反射。人制造工具并非回应眼前的挑战，而是包含了对过往经验的“深度学习”以及对未来的预测。如石器中常见的一类石斧，有砍、削等多种功能，适用不同的情境，成为我们祖先随身携带的工具。

人工智能目前刚刚走到自己的石器时代，如果说以前的计算机工作模式是条件反射，只能完成程序预设的任务，今后人类则致力于教会它自己开发“工具”。

我们就以汽车制造业来展开说明。科学管理学派的祖师泰勒对装卸工种经过反复试验(深度学习），得出单人的最优负重为21.5磅(9.75千克），因此为每种物料设计专门的铲子，以保持这一容量。可想而知，每个工人的力量和耐力存在差异，这个最优负重是泰勒生活的时代工人平均身体素质的体现。这时在技术上，铲子仍然是工人的工具，但在管理上，管理者通过标准化的铲子，把所有工人组成一个巨人，单个工人是这个巨人的人肉工具，也就成为铲子的工具，正所谓“人为物役”。

在汽车工业早期，由每个工人独立完成一辆整车装配，采用自己最习惯的方式。经过长期学习，工人们也能达到相当熟练的程度，但这并不是效率最高的方式。进化的下一步是流水线。

据说福特公司高管有一次参观屠宰场，受到启发，也采用流水线装配汽车，将整车装配分割成最小、最简单的单元，每个工人只负责一道工序。1913年福特公司开发出世界上第一条流水线。汽车底盘和零件分别通过传送带送到工人面前，工人无须走动，节省了取零件的时间。手工生产一辆汽车需要728工时，流水线缩短至12.5工时以下。汽车价格大幅下降，让平民可以消费得起。T型车从1908年投产到1927年共生产了1500万辆。

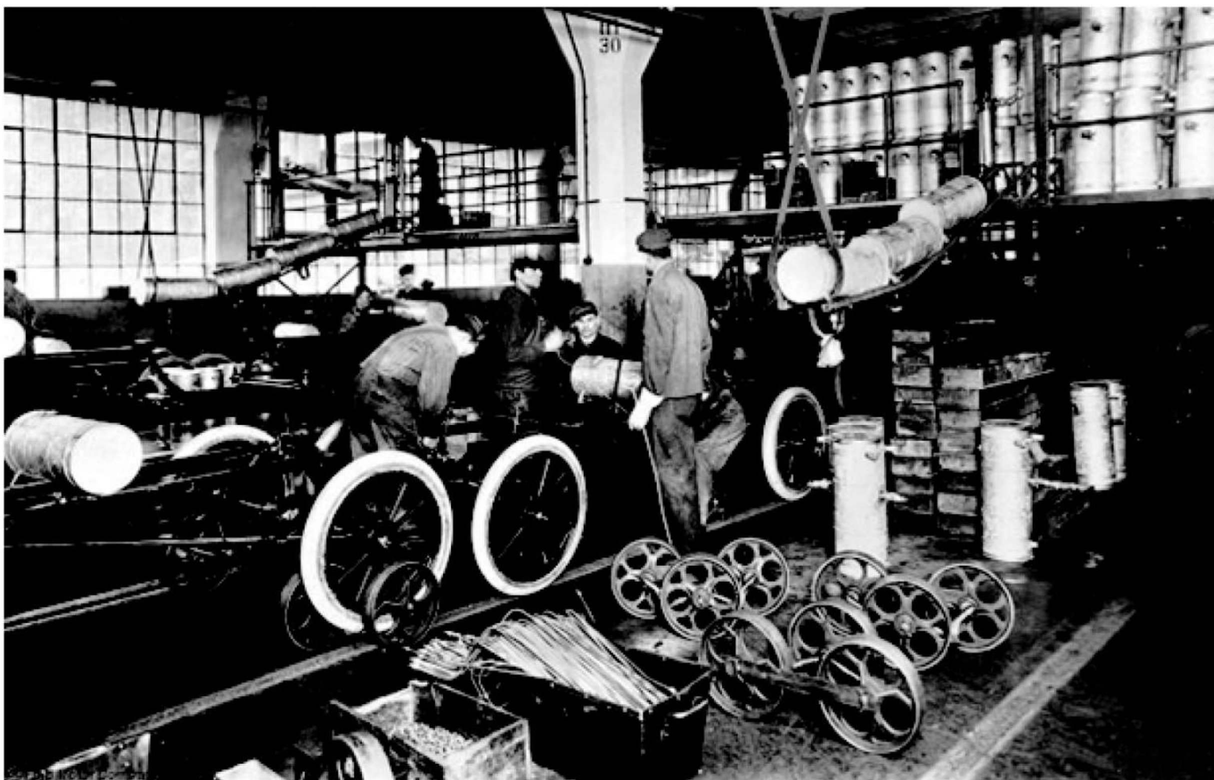


图5-2 福特公司早期的汽车流水线

早期汽车生产流水线共划分为7852个工种，其中949种需要身体强壮；3338种只需普通体格；3595种可在正常体力以下，其中又有715种可由独臂者完成，2637种可由独腿者完成，10种可由盲人完成，2种甚至可由双手残疾者完成。这种详细划分的标准我们可以理解为较为原始的特征化和数据化，蕴含着今天的数据标签化技术，而标签化数据正是人工智能的燃料，可这毕竟还是工业时代的产物，无法挣脱人为

物役的锁链，也无法满足更高层级的人类需求。它首先将遭遇“多样性”的瓶颈。

只有新工业自动化才能契合人类多样性

多样性是生物的基本特征。普通生物的多样性一般表现在物种之间，即同一物种的性状趋同。但在进化的高级阶段，在智慧生命身上，多样性表现在个体之间，尤其是表现在与智慧相关的器官脑和手。

可以想象人类基因中有个骰子，随机掷出不同的DNA代码。非孪生的兄弟姐妹，天赋也会有显著差异。人们从来都能感受到彼此的不同，只是囿于手段限制，无法淋漓尽致地表达这些不同。过去人们想出众多的性格分类法，以星座学最为流行，就是渴望表达区分的尝试。生物体的个性区分曾令达尔文非常困惑，但却为经济的分工协作和消费的多样化奠定了生物学基础。

传统工业是如何满足多样性需求的？关于产品个性，工业先驱亨利·福特有三句话，昭示了旧工业范式下企业与消费者的关系：

“我问人们想要什么，他们总是说更快的马。”

“顾客可以喜欢任何颜色，只要是黑色。”

“汽车价格下降1美元，增加1000名顾客。”

用户对汽车有什么具体需求呢？薛成曾在《中国企业家》撰文分析这个问题。在汽车问世之前，除了少数工程师，普通民众对此一无所知，工程师只能就已知需求(马)来增加数量(更快）。按马斯洛的需求层级理论，越低级的需求，越容易量化，共性越大，相应市场规模

越大。亚当·斯密在《国富论》中指出，规模是分工协作的前提。越高级的需求，如果要增加产品，相应的分工协作就越复杂，会降低效率，损失规模效应。对于汽车生产来说，首先是为容易满足的需求扩大生产。“价格每下降1美元，增加1000名顾客”。如果为增加色彩价值每投入1美元只能增加200名顾客，将损失800名潜在顾客。所以福特只提供黑色轿车，却优先提高产量，降低成本。

但是在消费层面，当汽车的顾客被创造出来，他们的新需求就同时产生了。德鲁克的《管理的实践》开宗明义，企业的目的是创造顾客。当生产力扩张，消费需求将被释放或者创造出来。

泰勒相信工人为钱工作，福特也说过：“工资解决了9/10的精神问题。”但从1924—1932年，由梅奥为首的心理学家（而不是管理学家），通过霍桑工厂的实验发现，工人的工作动机要复杂得多。1960年心理学家道格拉斯·麦格雷戈提出X理论和Y理论，前者把工人看作懒惰的经济理性人，需要鞭子+酬劳来激励，后者认为人有劳动的需求和创造力。

整个旧工业经济体系就像太阳系，消费者和员工环绕企业运转，企业再环绕金融（太阳）运行。这套体系可以对人的多样性需求做出反应，但是以一种中心化的方式运作。

直到今天，技术还在进步，除非创造新物种，产品多样化方向已经趋近感知的极限。一个新的循环往复将要形成。新工业范式将把旧工业范式颠倒过来，不再是技术的突变引导需求的渐变，而是无限地拓展需求层级和种类，以需求的突变引导技术的渐变。扩大内需不应该被理解成旧需求层面上的扩张，而是前所未有的多样化需求被开发出来。在旧工业范式下，依靠的参照系只有已知技术和已知需求两条小路，人类凭着自己的计算和洞察摸着石头过河。而今天，人类无穷多样性的细分需求，需要依靠人工智能深度学习系统才能捕捉。

曙光在于大数据和人工智能。今天，人类的多样性需求、反馈越来越被数据化，可以无限地产生并被传感器记录。也只有建立在概率和分布式计算方法上的深度学习与智能经济系统，才能从这无限的数据中感知未来的方向。

还是以汽车的例子将这个问题具体化。沃顿商学院的马歇尔·费舍曾拜访汽车经销商，得知综合颜色、内饰、发动机等功能，汽车制造商实际上可以提供2000万种型号。定制需要8周，而90%以上的顾客要购买现货，而且并不知道存在那么多的可能型号。这家经销商只有两种型号现货，本地有10家经销商，假定经销商的型号规模相等，那么在本地市场上只能提供20种型号。费舍因此将渠道比作沙漏的颈部。

这项调查发表于1997年的《哈佛商业评论》。同年亚马逊上市，提供了解决方案——网络货架无限长。除了存储空间，更重要的是信息匹配，通过计算机网络即时记录和分析用户的行为，推测其兴趣，这就是所谓的“用户画像”。有了这个方法，就可以把无限多的产品型号与无限多的用户需求精准匹配。

复旦大学中国研究院的余亮在虎嗅撰文认为，“用户画像”被很多人误解为是对用户群体的描述，比如90后群体的消费特征等，甚至一些互联网商业公司也在宣传中如此使用“用户画像”。然而正相反，基于人工智能的“用户画像”恰恰是对个人的描述，可以为每个人贴上无数标签，精细追踪个人的需求。比如所有以算法推荐资讯的应用程序，都是“伪装”成新闻客户端的用户个性收集器，以此向用户推送个性化的信息和广告。这种方法同样运用在实业领域，物联网与人工智能可以给生产工序和消费用户两方面都贴上天文数字的标签，满足最精细化的需求。比如3D打印，实质是可以根据多种多样的需求而灵活变化工序，不再依靠实物模型，仅仅根据计算机建模就可以“打印”出新产品。

工业自动化的内涵因此被改变，不再是针对固定需求的自动生产，而是自动根据需求变化调节生产、流通和分配。控制论领域大奖诺伯特·维纳奖的首位华人获得者，中科院自动化研究所副所长王飞跃指出：“工业自动化将向知识自动化转移。”新的生产过程将具备如下特性：对人类生活多样性的自动跟踪；知识的自动化习得；工具的自我复用和进化；对社会管理的自动优化；生产流程根据知识进行自动调整并生产出新知识……以此形成新的循环往复规律，革新工业经济范式。这个过程将挑战过去生产方式的一切环节，从生产布局、设计流程、渠道建设直到科层制的企业权力结构。“中国制造”也将因此而蝶化为“中国智造”。

走向物联网与精细化生产

知识化、自动化、精细化的生产方式的基础在于物联网。

2016年7月，软银公司斥资243亿英镑收购微芯片巨头ARM公司。软银总裁孙正义认为物联网将会引领下一轮技术爆炸。2018年，物联网设备的数量将会超过移动设备；2021年，全球将拥有18亿台PC、86亿台移动设备、157亿台物联网设备；2035年，数据量将会增长2400倍，从1EB增长到2.3ZB；在未来20年，物联网设备的数量将会超过1万亿台。孙正义指出：“物联网与人工智能的关系，正如同眼睛与大脑配合使生物得到进化的关系。物联网爆发即将来临。”

物联网让人与万物接入同一张网络，让人与机器随时互动，人的一切可以数据化的行为、反应，都会引起机器和生产线的波动，各种数据在云端交汇，大量计算通过云服务器完成，再通过产品与服务反馈于人，循环上升，从而把人的多样性与物质世界联系在一起，彼此催生，共同进化。

《奇点临近》的作者雷蒙德·库兹韦尔认为，人类正处于物联网引领的工业革命时代。3D打印技术是2020年前创新型工业革命的主要推动技术。到2020年，我们的衣服都可能被开源设计，可以直接从云端免费下载。3D打印技术的发展前景目前尚不明朗，不过库兹韦尔的话呼应了前面说的新工业范式对多样化需求的满足。除此之外，从食物到音乐，都可以通过物联网精细化生产，云计算是其内在逻辑。

凯文·阿什顿的观点更为深远，他认为：

我们要区分大众说法中的智能穿戴设备与物联网。能侦测防晒指数的比基尼和能感知是否口渴的智能水杯都不是物联网。物联网不是终端设备，而是一套可以自主学习、自主做出决策的机器体系。

物联网的优势在于计算机拥有各种传感器，能自主收集数据。正如我们的智能手机有GPS或者北斗导航系统，有地图，还有距离、方向、重力、惯性甚至心率传感器，可以把所有信息搜集起来进行处理。快速发展的RFID芯片可以在不耗电的情况下提供数据。RFID的产量早已超过了手机的产量，赋予每部手机、每个设备独一无二的编码，或者说“名字”。通过这种不耗电的RFID系统，订酒店、订车位、吃饭支付都可以完成，这也是物联网的构成部分。未来物联网设备的功耗将极小，手机甚至可以在风中自己充电。

人脑将直接与云端进行连接，从而成为物联网的一部分。这将促进对大脑思维方式的逆向工程解析，不仅能够加深对人脑的理解，还可以反向提高机器智能，更加深刻地体会人的多样性细节。

以往工业自动化仰赖的工业机器人，在物联网时代也将发生形态变革。工业机器人将从物理形态的硬件化向软件化发展，云端虚拟状态与物理端实体结合。机器人软件化和物联网是同一件事情在两个方向上的发展。机器智能无形化，遁入物体，与云计算结合，无所不

在，成为一个巨大的社会机器人。这正是人工智能与物联网追求的境界。

物联网系统与传统的机器系统在知识上有根本区别，在运作逻辑上，是从机械的牛顿机器向智能的默顿机器的升华。所谓牛顿机器就是根据因果规律程序运行的机器，而默顿机器则是根据相关性思维自主学习规律的机器。牛顿机器遵循“大定律，小数据”逻辑，而默顿机器遵循“小定律，大数据”规律，不追求终极大定律，与人脑工作方式更接近，更能呼应大千世界的瞬息万变。

物联网自主收集数据只是基础任务，更高的境界是自主决策。人类提供了算法和训练模型，给机器装上传感器，让机器在各自的场景下做出判断和交流，并做出决策。决策会影响世界，从而又收集到新的数据，如此形成循环。

举个例子，百度云计算已经支持多个第三方智能照明项目投入使用。今天的城市户外照明系统虽然灯火通明，但大部分时候都只是寂寞地照射着空旷的马路和天空。物联网照明系统可以在初期收集数据，自动学习照明规律，然后自主优化管理，比如在交通低谷期对路灯进行自主调光后关闭部分路灯。系统实时监控路灯的运行情况，通过“机器学习”对设备的寿命进行预测，精准统计需要更新的部件，从而降低零部件的库存，节省维护费用高达40%。最终把电力消耗降低到传统标准的40%并延长设备寿命。这样，以往的灯火通明变成了生物体呼吸般的灯光节律。

经济效益只是系统收益的一部分。上述照明系统集成了智能灯控、环境感应、无线城市和安防等功能群，开放了众多的API，以供更多的应用接入。由于百度云平台的计算能力和存储能力可以弹性扩展，系统获得了极大的“灵活性”。可以对热数据进行即时分析，并对冷数据做大数据挖掘。这样的系统绝不只是为了照明，而是智慧城市

的一部分。它们通过收集数据、自我学习和自我运作，提升机器智能，促生城市大脑。

物联网将覆盖人类的所有生存空间。在某种意义上，我们可以把智能农业也理解为物联网。在一些先进示范农场，每一棵植株都安装了传感器，比如系统会根据每棵植株反馈的信息，因材施“浇”，有的放“施”，大大提高效率、节约资源。每棵植株的传感器更是与系统相连接，把大面积的农作物传感信息汇总到云上，就可以计算出以往单纯依靠农民经验无法把握的农业规律，实现农业革命。



图5-3 Prospera公司使用人工智能和机器学习技术监控农作物的情况

资料来源：http://www.mobilemag.com/2012/09/28/wall-ye-robot-helps-in spect-vineyards-for-bugs-and-other-issues/

人们从传统思维出发，可能会把无人车理解为交通领域的革新。而无人车系统的抱负是超越交通领域，成为城市和城际物联网的载体。无人汽车绝不是以个体形态出现，而是一个庞大的自主系统，像血管和神经一样连接着其他所有城市系统。无人车本身就是人工智能技术的集大成者，视觉识别、语音识别、自主决策、机械控制等集于

一身，是一台运动的数据收集和处理器。在这个基础上，无人车网络把人、车、环境联系在一起，把个人目的和整体管理联系在一起。一旦无人车成规模运行，又会反过来带动技术发展和物联网的发展。无人车上的每一个部件传感器和乘客感应器都联系着生产商、消费者、管理者甚至第三方。设想一下未来，以无人车为主体的陆上交通会与航空、航海交通打通信息，那将是怎样一张上天入地的巨大的物联网。

如果C端（消费者）的精细化生产可以呼应人的多样性需求，那么B端（企业）的物联网则可以精细化掌控社会总体需求。人工智能与物联网同时丰富了生产、提升了效率、减少了外部成本。比如智能农业大大节约水和化肥，无人车系统将减少车辆事故，满足基本出行，减少污染。

智慧能源、智慧交通、智慧生产等，将给世界文明带来史无前例的变化。

呼唤智能政府与智能社会

人类社会在经历过工业革命、两次世界大战和无数次变革与动荡之后，越来越认识到个人的自由、安定和发展离不开政府与社会的高效、公正。随着经济、社会的发展，人类的组织越来越复杂，复杂社会需要新的手段加以治理，政府和社会组织的作用尤为重要。

现代社会通过法律来维持和调节社会关系。但技术尤其是人工智能的发展，使得算法的地位上升，各种自动化管理工具通过算法潜移默化地调节人类的交往、消费、交通、金融等。在未来社会，律法可能将融合于算法之内。

大规模的数据治理起源于20世纪以来的政府信息化管理。比如1929年由胡佛倡导，在美国建立的非电子化犯罪信息记录系统。20世纪60年代，美国开始建立全国统一的犯罪信息系统，这些数据的用途超出了犯罪记录查询，对劳动力市场甄选工作、福利计划执行都有巨大帮助，从而成为政府治理手段的基石。

而在未来，随着人工智能技术的发展，政府治理模式和法治结构都可能发生重大改变。上海交通大学法学教授郑戈认为：“（目前）法律总体上还是假定责任源自过错，过错损害了法律确定要保护的权利和利益，导致了损害结果，有损害就要有法律救济。基于这种原理，法律总是滞后于损害的，只有当主观过错促生了具体行为，行为造成了实际损害之后，法律才能介入，介入的目的也是恢复此前的状态。互联网的出现和普及改变了人们之间的交流方式和互动方式，而大数据技术的发展则使互联网的潜能发挥到了一个新的量级。大数据科技与认知科学和人工智能的结合使行为主义很可能变为明日黄花。预测性和引导性数据分析可以通过个人化的识别、分析和干预‘植入’意向和行为动机，从而改变法律的作用场域。”[注]

形象一点说，这就是美国电影《少数派报告》中展现的未来景象：政府机构有可能通过数据预测犯罪并提前制止，而非事后追凶。我们可以想到，未来政府的很多管理方式都有必要从追逐式管理变成预测性管理。

英美两国关于人工智能发展的报告都已经提到人工智能对政府治理带来的这类帮助或者挑战。

英国政府报告提出：政府已经在使用机器学习等数据科学技术，这些技术提供了对一系列数据的洞察，从提供数字服务反馈到分析卫星图像。例如，政府可以做到以下几个方面：

通过预测需求和更准确的定制服务，使现有服务（如健康、社保、紧急服务）更有效率，使资源得到最大限度的分配。

使政府官员更容易使用更多数据进行决策，并减少欺诈和出错的概率。

使决策更加透明（可以通过采集过程背后的数字记录，或通过数据可视化支持决策）。

帮助政府各部门更好地了解他们所服务的人群，确保向每个人提供适当的支持和机会。

美国白宫的报告则提出人工智能可以被用于改善刑事司法系统，政府应该推动执法数据和公众数据的充分应用，以便算法系统更好地帮助人类在犯罪报告、治安、保释、量刑和假释决定等各方面减少偏见，做出高效、公正的决策。

美国的科学研究机构正在尝试利用人工智能来解决经济和社会问题，比如利用数据挖掘和人工智能改善失业问题、辍学问题，帮助无家可归者。斯坦福大学的研究人员正通过人工智能技术分析卫星图像，以此为援助贫困地区提供指南。

英国报告提出政府部门可以借助人工智能来预警城市中可能发生的火险。这一点在美国已经实现：

纽约市大约有100万栋建筑物，过去平均每年有3000栋会发生严重火灾。既然每年都会发生，那么与其事后救火，能否事先预测呢？

华裔数据科学家Jeff Chen（杰夫·陈）曾是纽约市消防局的数据分析师。他认为每栋建筑物拥有独特的属性，通过分析就能得知哪些建筑物容易着火。比如低收入家庭的房子更容易发生火灾，而且因为人群居住密度较高，火灾的危害性更大。其他易火因素有：建筑物新旧

程度、电路老化程度、消防设施配套情况（消防栓的数量和位置）、有无电梯等。Chen说空置的或者没有安保的建筑着火的概率是其他建筑的两倍。这些听起来都显而易见，但要作为数据因素全部消化也不容易。

他牵头开发了预测火警风险引擎，利用数理统计方法把建筑物和住户的各种数据加以分析，辅以机器学习技术，用市政数据来驱动引擎，预测不同建筑的火灾风险。这套系统在2013年部署，整合了当地近7500个实时风险因素。纽约消防局利用该系统给出了33万栋可审查建筑的火警危险系数（消防局不检查独栋或者双拼别墅）。

在此之前，消防检查都是随机的。现在，当消防员进行每周例行检查时，系统会生成一份按危险系数排序的建筑清单，指引消防员优先检查容易着火的建筑，大大节省了人力并提高了效率。此外，数据智能分析系统还参与垃圾处理、解决社会治安问题等。

在美国国家层面，智能治理项目比较突出地用于安全工作。除了已成众矢之的的棱镜系统，美国中央情报局亲自投资了很多数据领域的独角兽企业，包括彼得·蒂尔参与投资的Palantir Technologies，另外还有Dataminr、TransVoyant、Geo- feedia、Pathar等。

这些公司产品的原理大同小异，通过社交媒体、地图、传感器和其他各类渠道自动采集社会数据，并整合各类交通、金融公开信息，打通分离的数据库，提供各种数据透视方案而无须用户编写代码。

Palantir Technologies旗下的Palantir Gotham主要用于反恐，这缘于PayPal对欺诈的对抗。它们开发大数据工具，通过匹配用户过去的交易记录和现在的资金转移情况等数据来查找可疑账户并进行冻结。随后它们想到这一技术可以为政府提供服务。CIA、FBI（美国联邦调查局）、DIA（国际情报局）、海陆空三军以及警局等情报机构掌握着成千上万个数据库，包括财务数据、DNA样本、语音资料、录像片段

以及世界各地的地图，但要在这些数据之间建立联系并发掘有价值的情报，却相当麻烦。Palantir的创始团队认为，如果由它们建立一个数据分析库，整合相互分离的数据来进行搜索和分析，以提升数据分析效率，就可以向政府“推销”这项技术。Palantir的主要客户也正是美国情报机构。

Geofeedia可以迅速挖掘新闻发生地点的各类信息。Trans Voyant服务于物流和政府业务，通过各类交通传感器和地图技术收集数据情报，同时整合各地新闻、社交媒体信息、天气报告、卫星云图、旅行警告、犯罪活动信息等，为政府人员提供预测，帮助管理人员运营资产，实时完成数据决策。

科技公司的数据智能服务理念延续了商业逻辑，比如甄选目标客户、抢时间、抢收益、抢在公众前面获得情报并对未来做出预判，这跟用于金融投机、战斗决策和股票市场上的高频交易是一个道理。这是自由市场的丛林模式，而非统筹社会全局的治理主义模式。后者是政府层面必须考虑的事情。

中国具有相对有利的条件。陆奇认为，“中国越来越成为新兴工业的创新大国，有很多创新的地方，而美国保守力量比较强。大变革时代中国反而创新空间大，提供了更好的创新环境。”中国由于政府部门强有力的带头作用，智能地图、安防摄像头、数据管理系统覆盖城乡，中国的智慧城市将成为社会智能治理的先锋。

---

1. 诺贝尔经济学奖得主、发展经济学领军人物阿瑟·刘易斯分析发展中国家的二元经济，认为当农村剩余劳动力转移殆尽，城乡形成统一的劳动力市场，工资水平将开始持续上升。
2. 铁锈地带（Rust Belt）最初是指美国中西部—五大湖附近传统工业衰退的地区，现可泛指工业衰退的地区。
3. 郑戈。在鼓励创新与保护人权之间——法律如何回应大数据技术革新的挑战［J］．探索与争鸣，2016（7）．

06

冲入 AI 无人区：无人驾驶之路

人工智能只有同人类命运紧密相连，直面复杂形势，才能体现出技术的革命性意义。昆德拉说：“负担越重，我们的生命越贴近大地，它就越真切实在。”无人车是紧贴大地的顶级人工智能工程，“艰难”和“颠覆”是它无法逃避的两个命题。它比人工智能诞生更早，却要翻过更多观念和技术的大山才能走到今天，车辙所及，是自交通工具诞生以来的社会秩序。

无人车也叫自动驾驶汽车，是指在没有人工参与的情况下，能够感知环境并进行导航的汽车。1925年第一辆无人车在美国上路时，发明者对它是否需要“智能”还未达成共识。但从此以后，无人车的形象出现在不同种类的科幻小说和电影里。这个梦想如此具体，可是历经几代人的实践仍然没有成真。不过值得庆幸的是，每一个逐梦者的挫折都让无人车的前进之路日渐清晰——这是一条智能进化之路，也是人类社会的变革之路。

在吸引人们踏上征程的未来世界，无人车不再只是通行工具，而是家和办公室之外的第三空间，移动、安全且舒适。人类以最低的成本穿梭在空间之中，以往由低效带来的堵车、污染、停车问题都将大为缓解，酒驾、闯红灯、超速等危及他人人身安全的驾驶行为将不复存在。无人车体系更有望成为全球物联网体系的血脉，甚至汽车作为一种交通工具的社会地位和符号意义也将发生彻底改变。

2015年世界卫生组织表示，中国每年有超过26万人死于交通事故，居世界第一，其中90%的事故是人为失误导致。无人车有望将车祸数量降低到现在的1%。

此外还有巨大的收益。摩根士丹利在一份报告中指出，无人车发展起来以后，仅美国就能够获得1.3万亿美元的收入，相当于美国GDP的8%。这其中有1000多亿美元来自节省下的燃料、2000多亿美元来自减少的堵车成本、5000多亿美元来自交通事故锐减而节省的医疗和保险成本、4000多亿美元来自工作效率的提高。

这些都还只是一个侧面。无人车改变的不单是人与车的关系。一旦车与车、人与人、人与社会都被智能工具连接，带来的将是对现有物质世界规则的重塑。

在崎岖的道路上前行

时间回到1925年8月，人类历史上第一辆无人驾驶汽车正式亮相。这辆名为American Wonder（美国奇迹）的汽车驾驶座上确实没有人，方向盘、离合器、制动器等部件也是“随机应变”的。而在车后，工程师Francis P. Houdina（弗朗西斯· P.霍迪尼）坐在另一辆车上靠发射无线电波操控前车。他们穿过纽约拥挤的交通，从百老汇一直开到第五大道。这场几乎可以被看作是“超大型遥控”的实验，带着对无人车机械化的理解，今天依旧不被业界普遍承认。

1939年，摩天大楼开始在美国的土地上不断出现。“大萧条”后逐渐恢复信心的人们怀揣着对未来的美好愿景。在这一年的纽约世界博览会上，通用汽车搭建的Futurama（未来世界）展馆前排起了长龙，人群争相涌入，希望一探“未来”的模样。设计师Norman Bel Geddes（诺曼·贝尔·格迪斯）向当时的人们展示了他想象中的交通：汽车采用无线电控制，电力驱动，由嵌在道路中的电磁场提供能量。

他在自己1940年出版的《Magic Motorways》（神奇的高速公路）一书中进一步解释：人类应该从驾驶中脱离出来。美国高速公路都会配有类似火车轨的东西，为汽车提供自动驾驶系统。汽车开上高速后就会按照一定的轨迹和程序行进，驶出高速后再恢复到人类驾驶。对这一设想，他给出的时间表是1960年。



图6-1 1939年纽约世博会通用汽车搭建的Futurama场馆



图6-2 Norman Bel Geddes（1893—1958年）最早提出了无人驾驶的概念

20世纪50年代，研究人员开始按照上述设想进行实验。或许是实验让人认清了困难，预言被延后了，他们说这一切会在1975年发生。

在这之后，试图利用铺设在地面上的电线为汽车导航，进而实现无人驾驶的技术探索在各处展开。而英国人把路上的电线改成永磁铁片组成的引导线，他们认为这样做能使控制更加精准，车速更快。“地面轨道派”经历了无数挫折，几乎所有人都隐隐感到，以轨道引导无人驾驶不具备实际应用价值，而且这已经是当时技术条件的“天花板”。不过，这种应用模式倒是在一些送餐机器人的产品中实现了。

1956年，通用公司造出了无人车的实体。它展出的Firebird II（火鸟二代）概念车，首次提出了安全及自动导航系统。钛金属、流线型的车身简直像是一枚直接从科幻电影中开出来的火箭。这只“火鸟”推出第三代时广告语是：“想要坐着放松一下？好，设定好想要的速度，然后调成自动导航状态吧。放开手柄，Firebird III会自己搞定。”

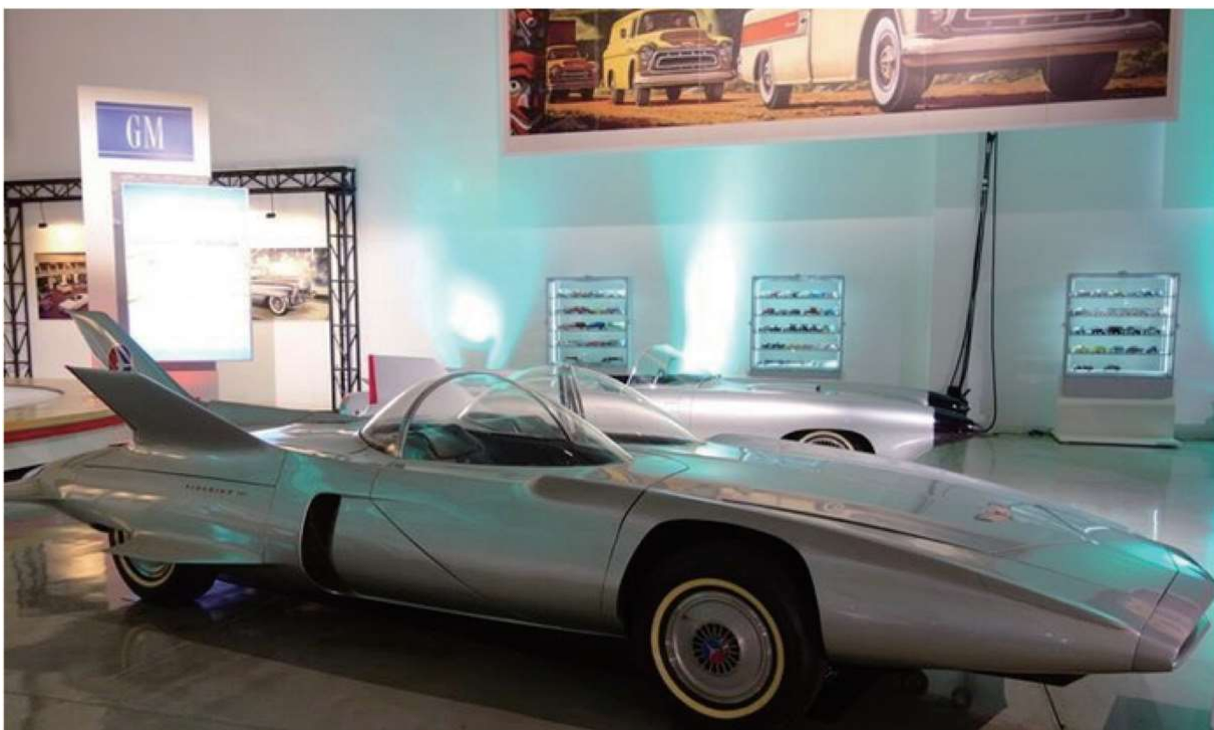


图6-3 Firebird III（火鸟三代）

通用公司还邀请BBC现场直播了高速公路上的无人驾驶测试，不过，这时的无人车依旧通过接收预埋线缆发送的电子脉冲信号行驶，没能挣脱“地面轨道派”的思路。

至此，不论是将“遥控器”掌握在人类手里，还是可行性不高的预铺电缆，都和人类想象中自由、流畅的无人驾驶体验相去甚远。直到20世纪60年代，俄亥俄州立大学的项目负责人Cosgriff（科斯格里夫）还深信，埋设在道路中的电子导航设备将在15年内推向公共道路。世界各国的实验室还要在这些“磨盘”的圆周上徘徊多年，唯一的区别是各自走出的半径大小。

曙光就在前方

当时，影响今天无人车的主流技术已经在各大研究机构中显露雏形。只不过在那时，这些技术零星分散在各处，也没有人想到要把它们组合起来。

1966年，智能导航第一次出现在美国斯坦福大学研究所里，SRI人工智能研究中心研发的Shakey是一个有车轮结构的机器人。它可能要花上数小时才能完成开关灯这样简单的动作，但在它身上，内置了传感器和软件系统，开创了自动导航功能的先河。

1977年，日本的筑波工程研究实验室开发出了第一个基于摄像头来检测前方标记或者导航信息的自动驾驶汽车。这辆车配备两个摄像头，在高架轨道的辅助下时速能达到30公里。这意味着，人们开始从“视觉”角度思考无人车的前景。导航与视觉一起，让“地面轨道派”寿终正寝。

与此同时，GPS系统于1973年开始发展。DARPA（美国国防高级研究计划局）在1984年启动了“ALV自主陆上车辆”计划，目标是通过摄像头来检测地形，由计算机系统计算出导航和行驶路线等。当时，这一机器人采用激光雷达来识别道路，依靠GPS进行导航，并通过小型化的短波雷达来发现前方突然出现的障碍物并自动刹车。在这些描述中，已经不难看出无人车研究路径的成熟，但遗憾的是ALV项目研究持续了5年，由于成果有限，国会削减经费，被迫终止。这一停，又将无人车的诞生推迟了若干年。

同样在军事领域投入无人车研究的还有德国。德国军方科研机构从1987年开始和奔驰合作，开发无人驾驶车辆，其技术甚至比DARPA的ALV项目更为成熟，采用摄像头和计算机图像处理系统对道路进行识别。这项研究同样没有取得太多成果。

在今天我们已经知道，要让无人车具备敏锐的“视觉”，中间还隔着运算速度、大数据、深度学习等数不清的技术鸿沟。

1993—1994年，来自德国慕尼黑联邦国防军大学的Ernst Dickmanns（恩斯特·狄克曼斯）教授团队改装了一辆奔驰S500轿车，让其配备摄像头和其他多种传感器，用来实时监测道路周围的环境和变化。这是那个年代最成功的“动态视觉”实验。这一次，这辆奔驰S500在普通交通环境下自动驾驶了1000多公里。

几乎同时，从1984年就开始投入无人驾驶探索的美国卡内基梅隆大学，率先在1989年使用神经网络来引导自动驾驶汽车，即便那辆行驶在匹兹堡的翻新军用急救车的服务器有冰箱这么大，且运算能力只有Apple Watch（苹果智能手表）的1/10。但从原理上来看，这项技术和今天无人车控制策略一脉相承。

这所大学的NavLab项目在1995年发展到了第五代。一辆1990年款的Pontiac Trans Sport（运动跑车）经过改装后，配备了包括便携式计

算机、挡风玻璃摄像头、GPS接收器以及一些其他辅助设备。成功完成了从匹兹堡到洛杉矶的无人车跨越国土之旅。从现在的意义上，可以算作“半自动驾驶”。它们的研究成果对于现在的无人驾驶技术提供了很大的借鉴意义。

和全球的发展节奏相近，从20世纪80年代起，我国开始了针对智能移动装置的研究，起始项目同样源于军用。1980年国家立项了“遥控驾驶的防核化侦察车”项目，哈尔滨工业大学、沈阳自动化研究所和国防科技大学三家单位参与了该项目的研究制造。20世纪90年代初，中国也研制出了第一辆真正意义上的无人驾驶汽车。

在“863计划”支持下，很多大学与机构开始研究无人车。历经“八五计划”“九五计划”“十五计划”，北京理工大学、国防科技大学等五家单位研发的ATB（Autonomous Test Bed）系列三代无人车依次问世，ATB-2直线行驶速度最高可达到21米/秒，ATB-3在环境认知和轨迹跟踪能力上得到进一步加强。

国防科技大学与一汽集团合作研发的红旗CA7460无人车，可以根据前方障碍车辆的情况自动进行车道变换，行驶速度最高可以达到47米/秒；清华大学研制的THMR-V无人车，最高行驶速度也可以达到42米/秒，还可以根据不同驾驶场景选择高速公路和城区公路两种驾驶模式；由西安交通大学研制的Springrobot也是我国著名的无人车平台之一，具有较高的车道线检测能力和行人检测能力；国家自然科学基金委员会于2008年启动了“视听觉信息的认知计算”重大研究计划项目；2009年，首届中国“智能车未来挑战赛”在西安举行，此后几年里，吸引了名牌院校和科研机构的数十辆无人驾驶车辆参加该项比赛。

这样的赛事国外开始得更早。2004—2007年的DARPA系列竞赛，让“无人车”展露出高速发展的苗头。

2003年，美国发动伊拉克战争，也点燃了无人车技术爆发的导火索。穿越沙漠运送弹药补给成了美军的常态行动，但即便有装甲车和直升机保护，辎重车队仍会经常受到攻击。加之美军人员经常遭遇路边炸弹或地雷袭击，伤亡惨重。因此，曾经孕育互联网的DARPA重启了搁置十多年的自动驾驶技术研究。在美国政府和军方的计划中，10年后至少有1/3的军用车辆能够自动驾驶。

2004年，美国国会拨款设立100万美元奖金，后又加码到200万美元，由DARPA牵头举办无人驾驶大赛，广发英雄帖。尽管相对无人车的软硬件成本奖金并不算高，但仍然吸引了来自企业、科研机构、大学教育机构，甚至个人在内的不少参赛者。

应战时需要，第一届无人车挑战赛在沙漠中进行。这条从加州Barstow（巴斯托）到内华达州Primm（普里姆）的赛道，长约230公里，大多数是行驶难度颇大的沙漠地形。比赛要求在10个小时之内完成，只能依靠GPS来引导驾驶，依靠传感器或摄像头绕开天然障碍物。军方预测一定会有一个队赢得比赛的胜利。

不知军方是低估了无人车技术的难度，还是高估了参赛者的水平。这一年，不仅没有一支队伍抵达终点，即便是比赛的第一名，卡内基梅隆大学“红”队的Sandstorm（沙尘暴），也只开出了11公里，因为拐错了一个弯，陷进沟里动弹不得。多半参赛车辆在比赛刚开始就结束了，刹车锁死、车轴断裂、翻车、卫星接收器失灵等故障频出。

结果令人沮丧，人们的预期急转直下，悲观者说能在沙漠里行驶的无人车或许永远都造不出来。然而，这场不尽如人意的比赛没有止步于此，还成了无人车发展史上的拐点。

2005年，第二届无人车挑战大赛依旧在沙漠中举行，赛场依旧设在加州和内华达州交界处，赛程212公里，难度也是有增无减，3个狭窄的隧道，100多个急转弯。最艰险的一段狭窄弯路，一边是60多米的

深沟，另一边则是悬崖峭壁。然而这一年，绝大多数参赛车都超过了上届11公里的最高行驶纪录。尽管依旧有不少参赛车辆中途退出，但有5辆车完成了全部赛程。

前三名分别来自斯坦福大学、卡内基梅隆大学和一家美国私企。这一届比赛中的冠军车辆已经搭载了摄像头、激光测距仪、雷达远程测距、GPS等今天无人车必不可少的装备。

2007年，DARPA把赛场搬到了城市里，开始从军用转为民用。新赛场内有交通灯、汽车等复杂环境，与未来无人车实际使用的环境更接近。比赛结束，卡内基梅隆大学、斯坦福大学、佐治亚理工大学夺得前三名。无人车研究领域的格局似乎开始稳定下来，DARPA的赛事却戛然而止。由于各种原因，美军至今未将无人车技术用于后勤运输。但是，技术的发动机一经启动，就没有人能让它停下。

图6-4是2007年DARPA无人车挑战赛的冠军车——卡内基梅隆大学的“Boss”，车顶及车头加装的设备体积和复杂程度远超今日进行路试的各类无人车。DARPA发掘了无人车研究者的潜力，也孵化了无人车的基础技术路线。

比赛中车队普遍通过摄像头、雷达、激光设备来探测周围的地形和障碍物。将结果与GPS和传感器的信息整合为一体，做出加速、减速、转弯等操作决定。十多年后，后人所做的，无非是在这条“无人车智能路线”的基础上，进行技术迭代，更加深入和精细化。



图6-4 卡内基梅隆大学的无人车“Boss”

资料来源：http://mt.sohu.com/20160805/n462676928.shtml

比赛促生了一个由发明家、工程师、程序员、开发商组成的无人车生态圈，也促成了无人车技术投资热潮的兴起。谷歌、苹果、特斯拉、优步、百度陆续宣布研发无人车的计划。各家都毫不掩饰自己在无人车领域的野心，仅谷歌而言，不仅挖走了斯坦福团队的领军人物塞巴斯蒂安·史朗，还把该校研究无人车的人员几乎一起揽入门下。2007年冠军团队的核心人物惠特克在卡内基梅隆大学的很多学生和同事都成为美国无人车行业的中坚力量。

在互联网企业的灼热展望中，就连保守的传统汽车制造厂也“被迫”加入了“无人车军备竞赛”。

虽然当年实验成本居高不下制约了量产和商业化，让无人车陷入瓶颈，不过2007年依旧值得记忆，不仅是因为它开启了无人车的新篇章，更是因为这一年深度学习研究重获新生。这个节点过后，相关领域也呈现井喷之势，大数据革命、云计算兴起、移动互联网浪潮、数据采集渠道的多样化……

更多的变化不断将无人车从传统汽车行业的束缚中解脱出来，让它走出大学实验室。

多年来，内燃发动机、变速箱以及复杂的生产工艺，构成了传统汽车行业的高墙壁垒。但是，新能源车或者说电动车技术的日益成熟，在这座高墙上打开了一个缺口。让汽车的制造门槛大幅度下降，因为，过去最难造的发动机、传动器、离合器，在电动车里面都不需要了。这不仅给了一些科技企业长驱直入这一领域的机会，也使得一些长期受困于核心技术差距，只能在较低端跟随的国家（比如中国）的汽车制造业，赢来了弯道超车的机会。

老牌车企“车到山前”

2013年，智能驾驶方兴未艾，美国高速公路安全局（NHTSA）就为智能汽车正式划分了等级。

根据给出的定义，智能汽车的发展可以分为4个阶段：第一阶段（L1）是“高级辅助驾驶系统”，特点是为司机提供碰撞警示，紧急情况制动，盲区监测和弥补夜间行车的视力弱势。第二阶段（L2）被翻译为“特定环境的自动驾驶”，接近于通用公司的设想，车辆能在高速公路或是堵车这种相对规律的环境中自动驾驶。从第三阶段（L3）开始，我们对无人驾驶的期待有了一些轮廓，L3即为“多种环境中的自动驾驶”，车辆能适应所有路况，但在特殊情况下需要转交给人类驾驶

员。到了第四阶段（L4），即“全自动驾驶”阶段，智能汽车真正做到了自主驾车。至于L3和L4的区别，从外形上看，L4智能车将在L3的基础上，撤掉方向盘和刹车。

分类可以说是对汽车行业的一次重新洗牌。在无人车的江湖里，传统车企、互联网企业、出租车行业巨头三分天下。传统汽车生产商的兴趣点在于L1和L2，L3和L4则聚集了包括谷歌、百度、优步、特斯拉在内的巨头。

今天，起着决定性因素的不再是资本和历史，而是各家企业的内在基因。L2和L3之间，有着老牌车企难以跨越的技术鸿沟。包括百度在内的互联网企业在技术、数据和人才上的积累，占领了传统车企短时间内无法企及的技术制高点。不过即便使用相似的设备，如摄像头、传感器、深度学习、激光雷达等，也会因为软件数据库的全面程度不同，而达成不同等级的无人驾驶效果。

宝马I3在车身上安装了4个IBEO（激光感应器），具备躲开立柱障碍、紧急刹车等功能。遗憾的是，使用场景尚且停留在多层的停车场环境中。沃尔沃推出的XC90，配置有城市安全系统（City Safety），新增冲出路面防护系统和十字路口自动制动系统，能帮助司机避免常见的追尾事故。

2015年初，奔驰推出了F015概念无人驾驶汽车，车内布满了各种显示屏以及可旋转的座椅，俨然一个可移动的娱乐中心。但落到实处，奔驰的S500仍然没有摆脱窠臼，Intelligent Drive（智能驾驶）系统专攻的依旧是防碰撞、保持车道、自动刹车和堵车时自动跟车功能。



图6-5 奔驰的超现实概念无人驾驶汽车F015

资料来源：http://www.diseno-art.com/news_content/2015/01/autonomous-driving-mercedes-benz-f-015-luxury-in-motion-concept/

在总裁玛丽·巴拉的领导之下，2015年，通用汽车收购了Cruise Automation公司，向打车服务公司Lyft投资了5亿美元，推出通用汽车第一款长续航、自动驾驶的全电动汽车Bolt。电动车、自动驾驶、共享经济，每一步都时髦且精准。

但迎接通用的是行业内的不理解，明眼人都明白无人车带来的危机和冲击将是前所未有的：无人汽车一旦发生交通事故，将把车企置于极为不利的地位。此外，无人车推动的共享经济很可能大大降低私车拥有率。那时，车企的光环不再，只是作为最基层的硬件提供者而存在。这些远景让巴拉的锐意进取被讽为无人车浪潮下平抚焦虑的“自我安慰”。

最可圈可点的，大概是德国车企戴姆勒了，它与内华达州达成协议，率先获批自动驾驶卡车上路。2016年4月，戴姆勒公司安排旗下三辆自动驾驶卡车车队上路，从德国的斯图加特开到了荷兰的鹿特丹。

不过使用场景尚且仅限于高速公路，且车上仍需要有一名驾驶员负责监督。

智能企业的边缘突进

在被通用收购前，Lyft已经和雪佛兰合作研发无人车。就连黑莓也在放弃手机行业后，转而投身于无人驾驶。这些接触汽车行业不久的互联网公司，急不可耐地投入无人车的研究，毫不顾忌行业老大哥的犹豫和踌躇。而更为激进的特斯拉在2016年就有超过10万辆能够超车、躲避障碍、自动进停车位的半自动驾驶汽车上路了。

“年轻人”的“跑酷”自然要付出一些代价，2016年1月，特斯拉自动驾驶汽车的第一起事故被证明在中国发生，尽管目前调查结果未定，但在行车记录中，这辆具有自动驾驶系统的汽车，面对前方明显的清扫车，没有减速迹象，导致追尾。2016年5月，特斯拉在美国发生一起事故，在强烈的日照下，自动驾驶系统未能识别到前方横穿而过的一辆白色集装箱货车，没有及时刹车，而货车车主也违背了操作规范，双手离开了方向盘。撞击致使车主丧生。2016年8月，得克萨斯和北京各有一位车主，或撞向高速护栏或与旁车发生剐蹭。事后分析都指向车辆的感知系统误检。

在撞击集装箱货车的事故中，由于横跨多个车道、车架高于地面，高亮度天空背景下的白色车身被视觉识别系统误认为是“白云”。北京剐蹭事故中，路边静止车辆被识别系统当作围栏，自动驾驶错估了安全距离，导致了近距离摩擦。应该说，这意味着对识别系统的训练还不充分。

优步则在未获得加州政府上路测试牌照的情况下，开始测试无人车。实验过程中因为闯红灯险些撞车而变成了一出闹剧。

在无人驾驶这条道路的同行者中，还有一些搁置了实时更新道路数据的技术路线，主攻嵌入式人工智能的解决方案，目标是让自动驾驶在不联网的情况下实现道路感知等。

这些不断跌倒又前进的尝试，更多地指向L3无人车。而对于下面提到的两位，L4才是雄心所在。

L4准入门槛极高，人工智能和高精地图信息不可或缺。因此，谷歌和百度占据了绝对优势。

2009年，谷歌在DARPA的支持下开始了自己的无人驾驶汽车项目研发。2014年12月，谷歌对外发布了完全自主设计的无人驾驶汽车。外观构造已经与传统汽车截然不同，取消了方向盘与刹车。2015年，这辆原型车已经可以上路测试，乘客只要坐在车中，就可以“坐等”车辆开动。截至2016年10月，这辆许多人用“萌”来形容的白色小车，已经进行了超过320万公里的公共道路测试，相当于人类司机300年的开车经验。

对于谷歌的野心勃勃，百度恐怕是最能理解的。几乎是同一时间，百度无人车也在加速前进。在中国移动互联网一片热闹的几年，百度却埋头无人车开发，来不及向外界解释，只有安全和学习成果演进在我们的注意范围内。那句“3年商用5年量产，要在2021年让无人车出现在地平线上”的宣言，并非媒体所称的“激进”，而是源自自身技术的召唤。



图6-6 谷歌无人车

百度想做的也是“完全无人驾驶”，在技术路线上选择了几乎最难走的路：高精地图加传感器。与上述所有涉及L3的自动驾驶车高了几个数量级的难度。为此，“百度大脑”们一头扎进无人驾驶领域。

最初百度对该项目高度保密，直到2015年12月，百度无人车完成北京开放高速路的自动驾驶测试，外界才逐步知道百度在做什么。这次测试首次实现了城市、环路及高速道路混合路况下的全自动驾驶。百度无人车从位于北京中关村软件园的百度大厦附近出发，驶入G7京新高速公路，经五环路，抵达奥林匹克森林公园，随后按原路线返回。全程均自动驾驶，实现了多次跟车、减速、变道、超车、上下匝道、掉头等驾驶动作，完成了进入高速汇入车流到驶出高速离开车流的不同道路场景的切换。测试时行驶速度最高达到100公里/小时。

百度无人车的车顶装有一台64线激光雷达，通过持续地圆周旋转，对车身60米半径内的路况进行全景扫描。车辆两端和后方分别装

有3个激光雷达，用于扫描邻近区域，弥补车顶雷达的视角盲区。这一连串的高分辨率激光雷达，构成无人车的“复眼”，对整体路况有了透彻的“俯瞰”，有助于实现在复杂交通环境下的自主驾驶。特别是针对交通拥堵、狭窄道路、小区和停车场等特殊场景，实现跟车、换道和交叉路口通行。

有了这些还不够，车顶前方还装有两个视觉识别摄像头，这样一双“眼睛”可以精准地识别交通信号灯、路面交通线和交通标志，弥补了激光雷达在雨、雪、雾等特殊天气条件下的“视力下降”，提高了对路标和信号牌的识别率。

从环境感知、行为预测，到规划控制、高精地图、高精定位，一辆无人车上集纳了当下多个领域最顶尖的技术。百度能在这么多的方向同时迸发，依靠的是在人工智能、深度学习领域的长期积累。当然，从无人驾驶技术的发展历程来看，今天百度无人车也可以说是立足在巨人之肩，每一台硬件设备都有过异想天开的“原型”。每一条技术路线都是全球无人车研究者在反复失败中提炼的“最优解”。

现在百度无人车还在中美两国进行着大量的路测。在百度的时间表里，2018年要实现百度无人驾驶公共汽车上路行驶载客。

一项技术从开始科研到落地使用，这不仅是百度的进步，也是中国制造的成就。从一开始，百度肩上扛的就不仅是“无人驾驶”的“小目标”。



图6-7 百度“云骁”无人车在乌镇亮相

注：用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

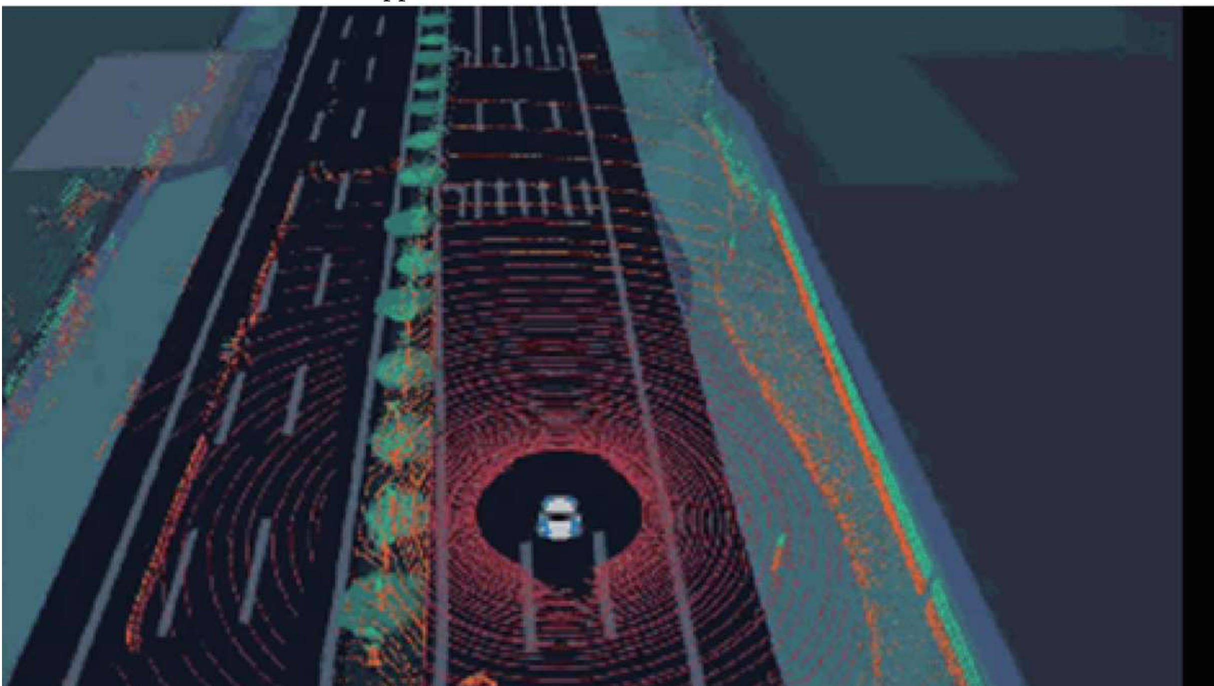


图6-8 百度无人车视角下的路面

在2015年的世界互联网大会上，百度展示的无人驾驶车就吸引了习近平主席的注意，习主席在百度公司展台的驻足时间超过10分钟，比原定时间长了3倍。中国工程院院士李德毅曾对无人车行业做出分析，他认为“以无人驾驶车为代表的轮式机器人将成为中国智能制造2025的首张名片”。无人车不仅是“车辆”，也因其自身装载的设备系统，在商业化过程中将直接带动雷达、传感器、导航系统等产业的快速发展，为建立车联网和物联网打下基础。无人车自身的战略价值，已经远远超过了一个交通工具。

中国的交通场景丰富、人口众多、市场庞大。无人车不但能为整个交通模式带来变化，还有可能给中国带来智能地铁、智能公共系统等新事物。智能交通是系统性、革命性、颠覆性的变化，随着技术的狂飙突进，需要改变的可能是人们的思维模式。

陆奇说起过自己的一桩逸事，他玩过一种特殊的自行车，是倒着骑的，方向盘往左拐轮子会倒过来，这其实和人工智能也有点关系。学习有几种方式，有一种是体验式学习，比如学骑自行车会摔跤，但学过就不会忘记，而学了这个特别的自行车就不会骑原来的自行车。在为无人车制定法律时，人类要避免刻舟求剑，继续用有人驾驶时代的思维束缚未来。

苦练无人车的内功与外功

在了解无人车技术的历史和现实背景后，让我们从技术层面深入无人车的“视和听”。

在“视距”上，无人车较之裸眼具有绝对优势，驾驶员的安全视距一般在50米左右，而无人车依靠多种中远距雷达、摄像头等传感器，能实现200米以上的超视距扫描观测。

另外，无人车的“视觉”方面还要克服许多对人类来说不是问题的问题。为了让它能够从不同角度对汽车和周围路况进行判断，我们要教会计算机在动态中识别哪些是车、哪些是天空、哪些是树。深度学习在这一过程中起到了巨大作用。

目前，在用摄像头来判断物体这项指标上，百度无人车准确率达到90.13%，2016年同期为89.6%。看似只有0.53%的提高，但对于无人车乘坐者的安危，每一点进步都值得坚持。在判断行人方面，百度无人车的准确率达到95%，判断红绿灯的准确率达到99.9%。而它的未来目标是，判断红绿灯的准确率必须达到100%。

当然，对无人车来说，光会“看”是不够的，要保证安全，还要有敏捷的反应，要能“刹得住”。人类驾驶员，从遇到紧急状况到踩下刹车需要0.6秒。而汽车的刹车要发生作用，其油压系统传导还需要0.6秒。也就是说，一般的人类驾驶员需要1.2秒的时间把车刹住。而百度无人车从“发现”紧急情况到做出刹车动作只需要0.2秒。未来，如果电动刹车取代液压刹车，百度无人车有能力做到在0.2秒内紧急制动，这将比人类平均的1.2秒快了整整1秒，高速驾驶中，1秒可能就是救命的时间。

不论是静、是动，还是“表面”招数，在绝大多数的行驶过程中，车载的雷达、传感器、摄像头等要实时收集数据，在行车途中反馈到“百度汽车大脑”的服务器上，辅以GPS高精度地图，指导汽车以最佳路径行进。

在定位层面，百度地图2015年达到WiFi定位精度30米，室内高精定位精度1~3米，定位速度0.2秒。2016年，百度无人车使用的高精地图精度是10厘米级，实际行驶中对路况判断的误差小到一根车道线的宽度，相比GPS定位，精度提升了两个数量级。

这一切也要归功于无数百度产品的使用者，包括那些调用百度地图API的用户。使用者在调取时，无形中就帮无人车刷新了数据，增加了一点“智慧”。

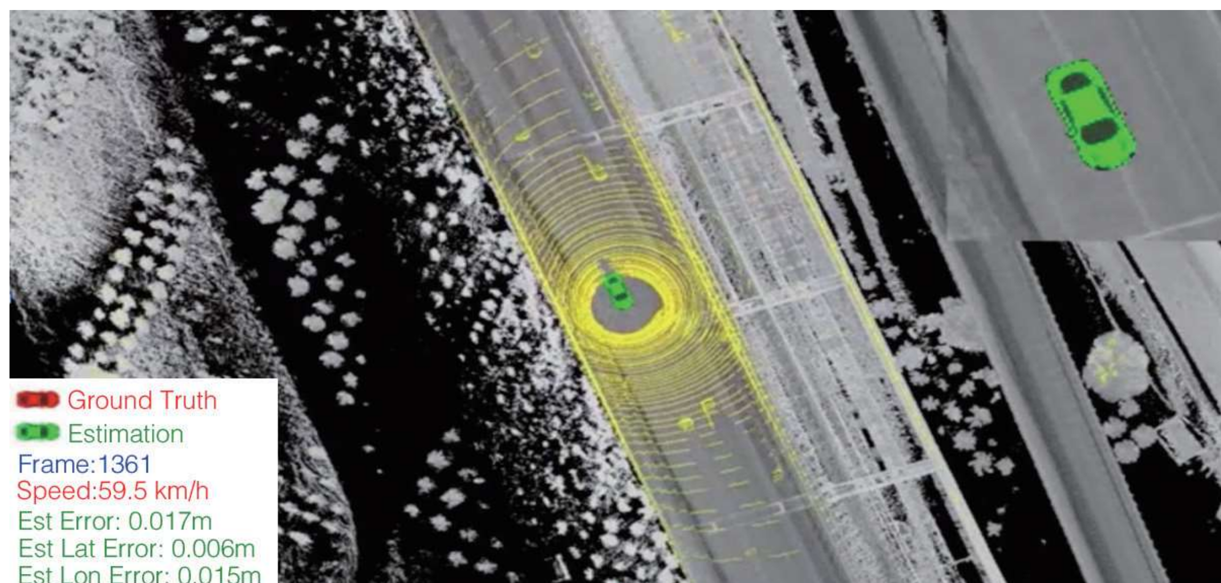


图6-9 比普通GPS定位高两个数量级的高精定位示意图

顺利推进无人车的研发，关键在于构建合理的技术布局。随着技术的升级与革新，以往推广应用的“死结”都会逐渐被化解。业界对无人车是否应该采用激光雷达的争论就是如此。

由于激光雷达造价高昂，外界有人唱衰无人车，正如多年前很多人因为价格而不看好“大哥大”。百度不仅对降价抱有信心，还做出了前瞻性的战略投资。

2015年底，无人车普遍采用的LiDar激光雷达的价格高达70万元，半年后同款批发价已经降为50万元，下降了30%。随着生产工艺的成熟及无人车行业发展带来的规模化效应，激光雷达将有更大的降价空间——毕竟“大哥大”刚面世时售价高达2万元，而今国产的“国民”智能手机只要600元左右。

2016年8月17日，百度与福特公司以1.5亿美元联合投资激光雷达公司Velodyne LiDar。Velodyne预计，如果2017年拿到100万个订单，

百度无人车使用的64线激光雷达单价就会直线下降到500美元，2020年激光雷达价格会降到300美元左右，2025年会降到200美元左右。

在无人车的研发势头下，64线激光雷达目前非常紧俏，这项投资确保了百度的传感器供应。但如此巨大的投入，并非只为一时的器件供应，而是以行业带头人撬动整个产业，以利于整个无人车行业的发展。

除此以外，为了改进硬件计算能力，百度自主研发了由48台服务器组成的小集群，计算能力超过了中国超级计算机神威太湖之光。

从百度地图十多年的运营，到百度大脑感知和决策能力的全面开花，再到对激光雷达供应商Velodyne公司的投资，与其说是百度选择了无人车，不如说是百度的专业逻辑将自己推到了必须承担起责任的这一步。

仅有技术层面的可行性是不够的，为了积累路测经验，百度无人车在国内外的试验场上奋力奔跑。在美国加州，百度是第15个获得无人车测试执照的公司。就在2016年底，百度在加州部署了100多名无人车的研究人员和工程师。在国内，百度也要全力做好“中国定制”。鉴于选择测试和初期商业化，在考量道路设施、行人密集度、政府（相关部门）支持力度，甚至当地天气等多方面情况后，百度无人驾驶团队入驻北京、上海和深圳，分别和安徽芜湖市政府、上海国际汽车城、浙江乌镇旅游景区、北京亦庄开发区签署了测试的合作协议。

2016年，在获批的“国家智能网联汽车（上海）试点示范区”封闭测试区内，模拟了城市交通场景，有隧道、林荫道、加油/充电站、地下停车场、十字路口、丁字路口、圆形环岛，还有6个智能红绿灯和40个各类摄像头。整个园区道路实现了北斗系统的厘米级定位和WiFi全覆盖，可以为智能驾驶提供29种场景的测试。

百度在2017年推出了高级自动驾驶人工智能模型Road Hackers，并将基于此模型开放百度自动驾驶训练数据，首期就包含1万公里的L3数据。这部分涉及一线、二线城市等十几个城市的封闭道路的高速、环路、快速公路的数据。今后还会有一些人车混搭的道路数据公开，并逐步开放所有大数据资源。这当中不单是道路数据，还有中国司机的开车习惯，这可能是更为感性和宝贵的数据。这一模型能够在真实的道路情况下，利用深度学习等技术，将L3无人车的摄像头、传感器等输入的信息转变为车速、路径、方向等最优的驾驶指令。

Road Hackers的推出表明，百度在L3和L4双路径并行突进。对百度来说，L3的数据也可以用到L4，当收集了足够多的公路数据、场景数据、用户数据、车的数据，并将这些数据和激光雷达的数据结合起来，可以让L4更快地实现。

更重要的是，相较于L4，L3能更快地与传统汽车行业对接。

百度联手北汽，推出搭载车联网解决方案的车型，计划在2017年底进行北汽L3车型的路测。百度无人车奇瑞EQ参加了驾照考试，已经通过了第一个考试科目，希望2017年能考过两个科目，3年内能把5个科目都考完，实现商用目标。

未来，无人车还要走上开放路面进行测试，在具有代表性的城市区域进行测试，最终融入城市交通系统。美好的前景正在实现，但还有数不尽的用户体验需要去完善。

自动驾驶不应该只是少数人的专属，而应该成为每辆车的标配功能。无人车承载了中国汽车产业很多的希望，这一点绝对不是百度一家公司能够完成的，而是需要整个产业，包括各级政府、汽车制造企业、科研机构、银行、保险公司的共同努力，才能把中国的无人车真正推向社会，真正落到实处。

中国电信在全球5G标准竞争中取得的成果令人兴奋。无人车是物联网中极具意义的应用，可以共享设定区域内的位置信息、外部环境信息、自身驾驶信息等，每辆车都会成为信息的接收者和发出者，实现整个区域内的协同驾驶，进而实现车与车、车与人、车与万物的相连。而无人车和物联网的实现正依赖于5G时代的到来。

“老司机”驶向何方

尽管无人车还远没有达到大批商用的阶段，但作为新事物，已经面临来自各方的怀疑，这是技术之外的另一道关卡。无人车上的联网设备会侵犯个人隐私吗？数据被黑客窃取会产生不良后果吗？无人车出了事故如何认定责任？

人们常用一个形而上学的伦理问题来问无人车：路边突然窜出一个小孩，如果无人车打方向盘，就会撞到另一边的一个行人，无人车该怎样选择？进阶版问题还有：如果一边是一个人，另一边是一群人，无人车要怎么选？对此，技术性的回答通常是：采取“让速不让道”的方式，尽可能快地减速，以避免、缓解悲剧的发生。但真正的关键在于，这个伦理问题即使是人类老司机也回答不好。对待无人车，人类可以多一分理解。

谷歌无人车在实验阶段就应对过各种情况：一个坐着电动轮椅的女人在路上追赶一群鸭子、一群人在马路上排成一行做青蛙跳、一个人毫无预兆地突然靠近并滚过无人车的前盖，甚至有人在车子前面裸奔。有人问怎样看待百度无人车程序有3000多个场景，1万多个“if”。这个数据百度没有真实统计过，但这些“if”显然是为了众多诸如“撞人还是撞狗”的场景而预备的，至少保证对于普通人能够想到的特殊情境，无人车都能做出最有利于交通参与者人身安全的选择。

不妨再大胆想象一下。在万物互联的条件下，未来面对人类也难以决断的紧急情况时，人工智能的反应速度、联网效应很可能会给出比人类更好的解决方案。车联网系统将把无人车连成整体，每辆车在行驶时“脑海中”都有着“大局观”。一辆车紧急刹车就会紧急“告知”一定范围内的无人车也做出对应的措施，从而避免追尾事故。

相比民众对无人车太“凶”的担心，工程师们担心的反而是无人车在与人的相处中太“怂”了。在谷歌的实验中，无人车在右道行驶时发现前方有沙袋，它试着减速绕过沙袋开向左车道，本以为后方的公交车会减速让行，不料公交车却在其变道时加速超车，导致了两车相撞。在这起事故中，反而是遵守交通规则的无人车被人类“欺负”。无人车的训练中不可能允许违法行为的出现，那么它要怎样和灵活应变的人类相处，遇到实际驾驶中的模糊区域要怎样做出决策？目前仍是无人车集中攻克的一门“学科”。这实在要比围棋棋盘复杂得多。由此可见，担心一个以防御为主的无人车主动伤害人类，可能还为时过早。

上面这些还是“假设”层面的问题，针对无人车的法律法规、自动驾驶汽车监管、事故时的责任界定等问题可以说就近在眼前。

目前，无人驾驶技术在欧盟以及美国一些州都存在法律障碍。欧盟交通法律规定，汽车必须由持有相应驾照的司机驾驶，任何人不得以任何理由接管驾驶权。美国只有四个州支持自动驾驶汽车上路。

但在法律层面上的“举步维艰”不会持续太久了。2015年，根据谷歌所描述的车辆设计，“美国国家高速公路交通安全管理局把这种车的‘司机’理解为自动驾驶系统，而不是车上的人”。即接受了谷歌的说法，认可了谷歌无人驾驶汽车将不会有传统意义上的司机。

2016年初，联合国欧洲经济委员会对《维也纳道路交通公约》进行了修改，从原先“驾驶车辆的职责必须由人类驾驶员负责”改为“在全

面符合联合国车辆管理条例或者驾驶员可以选择关闭该技术的情况下，将驾驶车辆的职责交给自动驾驶技术可以被允许应用到交通运输当中。”

虽然中国还没有具体的法律法规面世，但中国人“摸着石头过河”的传统让无人车企业感到放心。业内人士并没有太担心法律的阻碍，毕竟法律总是在追赶现实，在算法可能代替律法的时代，技术才是发展的核心驱动力。中国的无人车一旦启动，其加速度十分可期。

归根结底，无人车是服务于人的。无人车这位“老司机”不断学习，技艺日臻完善。科学家梦想有一天，无人车能够使得路怒不再，拥堵不再，更少的车和更高的用车效率或许将让雾霾也不再。呼之则来的无人车，为我们每一个行程规划完美的路径，精准计算路上时间，在这个空间里，我们可以休息、工作、学习、娱乐、休闲，甚至旅行。充分利用路上的时间使居住在市中心与郊区的差别将不再巨大，由此影响城市布局和地价均衡，进一步影响年轻人的工作与生活。人类将有更多时间和空间发展自身的技能，提高健康水平，弥补对家人陪伴的不足。让无人车尽情打开我们的想象空间吧！

当然，在乐观场景的另一面，我们或许会感受到另一重孤寂。为效率而产生的更多单座、双座无人出租车，默默无语的旅途，或许会让我们向往拼车带来的交际温暖。过去与司机胡侃的夜晚，可能会变成一项收费服务。车祸少了，一旦出现交通意外反而容易上头条，相比技术进步，人性的进步速度是缓慢的，我们的易怒和敏感或许会转移到其他议题上。

汽车文明是现代工业文明的化身。纵览大地，从上古时期的百兽竞走，到今日亿万辆汽车奔驰，再到未来无人车自在涌动，堪称生命的进化之路。从此汽车将不仅是汽车，公路也不只是公路。文明就是“在路上”，生生不息。知道更多，做到更多，体验更多，愿无人车让我们变成更好的人类。

07

AI 带来的普惠曙光

金融市场似乎总是伴随着最大的不确定性，或暗流涌动，或风暴骤起，席卷颠覆所有的东西。

因此，在人们的想象里，金融常常是冒险家的乐园，大鳄们关起门来，相互间会心一笑，掀起市场的血雨腥风，然后在人们的仓皇恐惧中赚取超额利润。但实际上，巨头也不是总能呼风唤雨，他们也经常搬石砸脚，随着市场波动起伏，甚至投子认输，黯然退出。

除了跌宕起伏，金融的另一面常常是细水长流、润物无声的。可以给人们在追求物质、精神生活改善，或者自我发展道路上以及时的助力。

无论是跌宕起伏，还是润物无声，其背后都是对资金流和信息流的复杂逻辑的处理和应对。“金融获得感”日益成为一个重要的社会命题，如何在尊重金融规律的基础上，让金融跳出“大玩家游戏”的窠臼，更好地服务于亿万普通人?

人工智能可能正是处理海量信息、应对不确定性的最好工具。其创新突破以及在金融领域的实践，正开始让金融这种似乎总是高高在上的存在，重新俯身垂滴普罗大众，并为普惠金融的实现带来了曙光。

机构来了“新实习生”

1994年，美国正处于黄金时代，作为全球唯一的超级大国，到处都是歌舞升平。这一年夏天，世界杯足球赛刚刚在洛杉矶落下帷幕，而新科技的火焰正在硅谷升腾，网景浏览器一经发布很快就风靡全球。中国在那一年才刚刚通过一根64k专线全功能接入国际互联网。为了遏制金融泡沫，格林斯潘领导的美联储在那一年开始大幅度加息，

然而债券市场并没有意识到美联储进入了加息周期。全球金融危机13年以后才到来，此时的华尔街一片欣欣向荣。无数人才从世界各地来到这里寻找梦想。

暑假之前，我收到了道·琼斯一家子公司的实习聘书，实习内容是从事金融信息处理系统相关的工作。

我本科专业是信息管理，毕业后到美国留学，获得布法罗纽约州立大学计算机科学硕士学位。眼下的工作正好把信息管理和计算机结合起来。这份每天与财经金融新闻打交道的工作，我一做就是三年。接下去，我参与设计了《华尔街日报》网络版实时金融信息系统，又转赴国际知名互联网企业Infoseek做资深工程师。一边与金融信息打交道，一边通过《华尔街日报》观察硅谷的商战，并开始思考如何应对信息作弊的问题，不久之后就提出了“超链分析”技术的想法，并申请了专利，为日后的搜索引擎发展奠定了基础。

那时我还没有想到，有一天，随着人工智能技术的发展，机器系统对金融业务的改变会达到今天这样的深度，渗透到金融信息处理、数据分析、风险控制、征信、智能投顾（Robo-Advisers）、智能获客、量化投资等各个方面。

量化投资之王大卫·肖恩说过，“金融是一个绝妙的信息处理的生意”。也正因为此，百度高级副总裁朱光说：“最革命性的变化至少会在金融领域发生，因为人工智能就是数据的收集、分析、处理这个循环的极致。”

无论是在征信和反欺诈领域，综合用户画像构建风控模型；还是在投资领域，挖掘投资决策因子辅助投资决策；或是在投资顾问领域，为客户匹配个性化的投资组合等，机器对各种金融业务的渗透，本质上都是通过机器学习带来的金融信息处理能力的不断提升。

随着自然语言识别和信息数据库技术的不断进步，即使是单纯的金融信息处理，也已经发生了本质的改变。

这次向我们走来的实习生是一位机器人，而它与众不同的工作方式首先直观地体现在一份份金融分析报告的生成上。

金融信息可能是最复杂、最枯燥的信息，一份股转书有两百多页，还有大量的年报、半年报、研究报告、公告、反馈意见、尽职调查结果……我们不知道，有多少行业分析师是完全看完这些信息，再做出决策的。也许，不是他们不够勤勉，而是读完这些信息已经非人力所及。

百度数据金融总经理杨晓静描述过这样的行业现实：20世纪90年代，一个基金经理要把市场当天产生的研报、舆情、新闻、交易数据等看完，大概需要10个小时，也就是两天的工作量。2010年，移动数据爆发之后，这个基金经理要把每天市场上产生的信息吸收掉，大概需要10个月的时间。2016年，还是这个基金经理，假如把当天市场上所有的信息看完，大概需要20年的时间，相当于整个职业生涯。所以基金经理迫切需要利用先进的智能技术，比如百度的自然语言处理技术。

今天，当百度金融的智能金融信息分析系统处理数百篇行业新闻，并将其中的关键信息结构化，抑或是阅读上市公司的年报并形成分析报告，用时已经缩短到以分钟计。

在这一过程中，机器相当于承担了一个金融机构初级分析师的工作，甚至是一个实习生的工作，承揽了最基础的所有的累活儿。

这位机器实习生的工作逻辑也是类似提取“关键词”，并进行再组合的过程。

机器可以瞬间完成上市公司的公告、财务报表、官方发布、社交平台、证券行情、实时新闻、行业分析报告等海量异构数据的阅读，对于文本中的图片和表格需要OCR（光学字符识别）等技术解析。紧接着，进行关键实体信息的提取，发现埋藏在实体信息之间，如行业上下游关系、供应链关系、股权变更历史、定增与重大资产重组的关系、多张财务报表之间的数据交叉验证等数据关系，形成并呈现这些复杂关系的“知识图谱”。

如果更进一步，分析师只需要选择符合其需求的模板，确定主题，机器即可生成基本的报告文本。在最终输出前，分析师还可以人工校正报告精度，并加上独特的个人分析和结论，这样，一篇格式标准，甚至图文并茂的金融分析报告就诞生了。

这个潜力无穷的实习生显然不会停留在简单处理信息这个阶段。既然已经登堂入室，它必然会走得更远。

人工智能让起点更公平

机器人首先推门进入的就是传统金融的核心区域——信用评级。

2016年7月18日下午，百度宣布投资美国金融科技公司ZestFinance。而一年前，ZestFinance还曾获得京东集团的投资。能同时得到中国两大互联网巨头的青睐，让ZestFinance这家当时仅服务10万名美国人的数据征信公司，为更多的中国人所了解。

这家位于洛杉矶的金融科技公司，使用机器学习的方式来评估个人贷款的信贷风险指数。其创始人是谷歌前首席信息官及工程副总裁道格拉斯·梅里尔和美国第一资本投资国际集团公司前主管肖恩·布德。

在美国，ZestFinance是挑战征信巨头FICO公司的革命者，后者占据着美国99%的信用评分市场和绝大部分发达国家的信用评分市场。

ZestFinance信奉“一切数据皆是信用数据”。不同于FICO的信用分数仅包含贷款人的几十项变量，ZestFinance的模型基于海量社交网络数据和非结构化数据，包含的变量将近1万项，在大数据挖掘的基础上最终形成一个独立的信用分数。而且与常规的信用评估体系相比，效率能够提高约90%。其号称在5秒内，就能对每位信贷申请人的超过1万条原始信息数据进行分析，并得出超过7万个可对其行为做出测量的指标。

就在入股ZestFinance之前的百度联盟峰会上，百度宣布，“人工智能对于金融也会产生变革性影响，可以真正做到让征信升级”，并特别强调，“现在百度的教育贷款，基本上是以‘秒’的时间就可以决定是不是给一个人贷款”。

“秒批”的背后，正是以机器学习为基础的大数据风控，在提升信贷服务效率、增加金融服务覆盖率上的小试牛刀。

一般来说，大数据风控的成果跟传统金融机构一样也是两个名单：基于白名单的征信，基于黑名单的反欺诈。后者因为“反黑”的目的，常常笼罩了神秘的色彩。比如彼得·蒂尔创立的、有全球第四大独角兽之称的人工智能公司Palantir，不仅在帮助美国安全部反恐中屡立奇功，更因为整合了40年的记录及海量数据并充分挖掘之后，终于发现了伯纳德·麦道夫(Bernie Madoff)的“庞氏骗局”，而为天下人所知。

但我们更愿意从主流的角度来讲述人工智能在金融风控中的故事。

根据中国人民银行的数据，截至2015年9月，中国人民银行征信系统收录的8.7亿自然人中有信贷记录的为3.7亿人，可形成个人征信报

告、得出个人信用评分的有2.75亿人。

这就意味着，在中国还有约5亿人是没有征信记录的“小白”，他们被挡在传统金融服务的门槛之外。

而依托庞大的数据基础以及人工智能实现的人群画像技术，百度金融等企业，正在悄悄改变风控线上化的难题，把以往高高在上的金融服务涓滴到更多亟需帮助的“小白”身上。

比如，在大学学习了4年室内设计的李亮，最近开始在网上搜索UI（用户界面）课程、培训学校、分期交学费等信息，他希望通过学习，未来能进入一家大的互联网公司工作，但教育机构普遍不低的学费成了摆在面前的第一道坎儿。

李亮不知道的是，在同一时间还有很多人在百度上搜索着同样的关键词，虽然此时此刻他们还没有与百度金融直接发生关系，但这些人的群体性需求，正以数据的形式进入百度大数据风控的视野之内，并通过机器学习被归类于某一群体画像，从而拥有了相应的信用判断。

对比了几家教育机构之后，李亮终于选择了一所培训学校学习UI，并且决定试试老师推荐的百度有钱花学费分期贷款。他通过手机在短短几分钟内，填写个人身份信息并拍摄个人图像等，完成贷款申请步骤。

而在光纤的另一端，百度风控的策略系统迅速响应，根据人群画像，借助图像识别等技术，对李亮的信息进行采集、加工和分析，并调用数据字段结果送给风控平台，进而完成授信过程。

经过短暂的等待，李亮收到了人生中第一笔贷款审核通过的短信。

几个月的UI课程学习结束后，李亮决定再次贷款学习VI（视觉设计），为即将步入职场加码，这时他惊喜地发现，因为良好的还款记录和稳定的消费记录，机器给他的贷款额度和信用支付场景在扩展和提升。

更重要的是，机器给李亮建立的人生第一份信用记录，可以帮助他超出百度金融体系之外，在更多金融机构里享受更全面、更好的金融服务，彻底告别信用“小白”状态，提升金融服务的获得感。

朱光曾说：“我们这个社会，究竟该由谁来给身无长物的年轻人发放第一笔贷款，在他们人生关键的爬坡阶段给予扶持？现在来看，答案也许是‘机器’。”

而当机器完成了金融服务对象——人的数据化，就已经没有什么可以阻止它在金融王国里纵横驰骋了。

个人钱包的智能守夜人

一向对技术投资不太感冒的巴菲特大概不会想到，有人会用他的名字为一款智能投资咨询软件来命名。这款致敬投资大师的软件，就是智能投资公司Kensho（这个名字是日语用来描述禅宗的“明心见性”，透过现象看本质的意思）设计的一款基于云计算的财经软件“沃伦”，其使用大数据和机器学习分析具体事件（从自然灾害到选举结果）对市场的影响，并使用简单易懂的知识图呈现结果。

这款软件发布之初就震动了华尔街，很多人甚至打电话给Kensho的创始人纳德勒，大骂他是“叛徒”。因为在华尔街，无论是人工智能还是什么其他华丽的技术，关起门来闷声发大财才正常，而将其公之于众，普惠众生则是典型的“大逆不道”。

因为金融信息的掌控和处理本身就被看作是一项垄断性的生意。彭博社和路透社估计：长期垄断的金融数据市值达到260亿美元。

越来越多的“沃伦”同道正在打破这一现状。

另一家公司Hedgeable，创立之初就立志推翻华尔街的垄断，其创始人Michael Kane（迈克尔·凯恩）和Matthew Kane（马修·凯恩）是一对双胞胎兄弟，曾服务于全球最顶尖的对冲基金桥水基金，以及最著名的投资银行摩根士丹利等华尔街巨鳄机构，因为日益厌倦华尔街只为世界上最富有的人服务，而辞职在纽约创立了Hedgeable，依托人工智能技术，致力于为普罗大众提供投资顾问服务。



图7-1 Hedgeable办公室墙上空手道踢倒华尔街的涂鸦

资料来源：www.Hedgeable.com

如果说投资顾问对美国人早就是司空见惯的服务。那么，对于经历了三十多年财富积累的中国人来说，则是一项亟需普及的财富管理方案。

2016年底，知名财经作家吴晓波进行了一项“新中产消费调查”，发现人数可能达到1.8亿的“新中产”阶层，正在普遍陷入一种财富保值的巨大焦虑之中。

高净值人群的财富一直享受着金融机构私人顾问的专属打理，那谁来保卫“新中产”的钱包，缓解他们的财富焦虑?

智能投顾，也被称为机器人投顾、智能理财等，是指在人工智能和大数据的基础上，针对不同风险偏好和投资要求的用户，由计算机提供基于算法的投资管理建议，帮助投资者组建个性化的资产投资组合，实现个人资产配置的最优化。

智能投顾一般遵循如下服务流程：首先洞悉投资者需要，即清楚地了解投资者自身及家庭整体的关键数据。比如投资者所处人生阶段、收入水平、历史投资经验和偏好。一般来说，投资者标签越丰富，画像的颗粒度越精细，对投资者的把握就越准确。

理财是财富保护、长期投资、资产配置，更是一种人生规划方式。所以，下一步，机器还要详细描摹投资者阶段性的生活追求，如买房、买车、求学、育儿、养老等，以此搭配相应的投资周期以及考察投资回报期望。

接下来，机器就要考察投资者的风险偏好。以年龄、职业生涯所处阶段、收入结构、生活负担等作为基本参考纬度，确定投资者能承担风险的阈值。需要指出的是，在线下，投资者面对自己的投资顾问

表达的风险偏好，往往与其真实风险偏好有很大偏差，这就需要投资顾问与投资者进行专业细致的沟通，以洞悉客户真实的风险阈值，这一过程成本很高。而机器是通过大数据识别客户风险偏好，而且可以根据市场状况实时动态调整，画出投资者的风险偏好变化曲线，这就大大降低了沟通成本，也就意味着投资者可以付出更少的“羊毛”。

全面掌握了投资者的基本情况后，就需要根据具体的客户体征，在丰富的金融产品中，挑选最适合的资产配置组合。

因此，机器顾问作为中介，在连接用户端完成投资者画像的同时，当然也要对金融产品端如数家珍，也即对可选投资标的背后的基础资产充分了解。比如，资产特性是什么、波动率怎样、收益表现是什么情况、稳定性是什么情况、多个资产间相关性是什么情况等。

对两边的了解都达标后，机器要考虑怎么做组合上的匹配，而不是单一的匹配。这一过程其实需要海量的运算能力以及高效的深度学习算法的能力。这也是百度这样的技术公司可以切入这个领域，并且如鱼得水的原因。

最后，还要有资产的监察和控制能力，随着市场变化调整资产组合，机器就要不断更新投资方案，以匹配用户需求。

智能投顾的出现，改变了理财资管机构与客户交互的方式，可以真正了解投资者诉求偏好，从而可以通过散点生产、定制化生产来配置资源。



图7-2 智能投顾示意图

更重要的是，借助人工智能技术，智能投顾可以低成本地将个性化专属财富管理方案提供给普通的中产阶层。一般智能投顾公司都没有特定的投资门槛，管理费用仅在0.15%~0.35%，用户投资金额越大，其收取的费用越低。这个费用相当于真人投资顾问费用的1/10。有的智能投顾公司可以将费用降低到真人顾问的1/20，甚至干脆免费。

而且机器顾问可以有效规避人性弱点。一般的投资者在战术性资产配置比如股票投资中，一旦被套就进入“假死”状态，只能等待解套；而一旦获取收益，又总不能及时落袋为安。机器顾问则不受情绪影响，设定盈利点和止损点后，可以自动严格地去执行，没有贪婪，也没有恐惧。

再者，机器顾问的精力是无限的，它可以7×24小时不间断地、兢兢业业地通过数字化资产配置，为客户提供相对定制化的、模块化的服务，并及时基于投资者个人的需求偏好和市场的变化提出服务方案。这保证了机器投资顾问可以同时跟手机或PC端的无数客户进行贴心的深度交流。

世界上最大也是最著名的私人财富管理机构瑞银财富管理，截至2015年底，在全球拥有4250名理财顾问，却要服务450万个人和企业，服务覆盖比超过1：1000。与它相比，机器的工作效率显然会更高。

近几年，智能投顾在美国发展迅速，2012年美国智能投顾行业规模几乎为零，到2014年已经具有140亿美元的资产管理规模。其中包括Wealthfront公司、Betterment公司，以及我们前面提到的Hedgeable等在内的数家公司都在智能投顾领域有所发展。而提供投资决策信息服务的Kensho，则是另一种意义上的智能投顾公司。

毕马威报告称，预计到2020年，美国智能投顾的资产管理规模将会达到2.2万亿美元。

在国内，2015年左右开始出现模仿国外模式的智能投顾企业。到了2016年，大量智能投顾概念的产品开始涌现，虽然看起来市场火热，但是不得不说，其中不少是打着“智能”噱头的概念炒作。比如有的只是在智能投顾旗号下，推荐某种固定的投资组合，其实早就背离了智能投顾从风险评级、投资目的、投资能力和意愿方面动态配置的初衷。

从事这一行业需要大数据、机器学习及金融洞察等综合能力，而在中国的市场环境下，甚至对以上能力都提出了更高的要求。

比如，国外智能投顾的投资标的主要是ETF（交易型开放式指数基金，通常又被称为交易所交易基金），是被动管理基金。与此相应，美国市场同期有近1600支ETF，管理资产规模累计2.15万亿美元。但国内上市的ETF合计130支，资产规模累计4729亿元（根据Wind数据，截至2016年6月）。

指数型产品的稀缺，使得中国的智能投顾不得不引入主动管理基金。但主动管理基金本身的很多变化是不可预测的，比如换一个基金经理、基金公司战略变动，基金的收益变化就会非常大，而且这个变化很难被预测和模拟。这就对智能投顾企业的投资能力提出了极高的要求。

为了进行更为准确的投资者画像，一般智能投顾公司都会借鉴线下投资顾问形式，要求客户填写问卷。但在中国的投资和理财市场，以散户为主的投资群体，其投机心理大于投资心理。如前所述，这就导致了客户表达自身风险偏好失真的现象更容易出现。例如，投资者看到某些高风险的资产历史收益不错，为了顺利完成投资，就可能会忽视潜在风险，在问卷填报中虚高自己的风险接受度。在这个问题上，能够超出一般评价指标，为客户进行“10万+”级别的细化标签画像及风险评估的大数据公司，优势就十分明显。

美国有专门的第三方机构，能把投资者所有的账户汇集到一起，只要用户点击授权，智能投顾公司就能获取用户的所有账户流水等信息。比如，智能投顾公司Pefin，可以为投资者做到全账户集合管理，将投资者所有的在线金融账户汇集到Pefin平台，包括储蓄账户、银行消费账户、信用卡账户，月供、贷款和投资账户等，Pefin在几分钟之内就能利用分析模型，建立起投资者当前财务状况的知识图谱。

在中国是没有这样的账户汇集机构的。要尽量生成投资者的完整画像，除了让用户自己去填写问卷，还需要大数据基础上的机器学习画像能力。

最大的挑战还在于投资者教育，在一个以散户为主体的投资市场，怎么让投资者相信，你把钱交给机器，它会进行专业的资产配置，给你提供良好的财富管理服务。而且，在传统投资教育还未完成的情况下，进行智能投顾的教育，难度可想而知。百度智能投顾团队的袁月以“跳级”形容这一状况，“小学还没毕业，就要上初中。”

机器学习的“黑箱”也加大了教育的难度。一般传统投资顾问，做出投资交易后会向客户解释决策逻辑，但是目前还很难解释机器顾问的“想法”。

为了克服这一“缺陷”，很多智能投顾公司还是会强调其投资逻辑背后的专业人员因素。比如招商银行的摩羯智投，会突出其对市场上多家基金公司及其基金经理的相关情况掌握更全面，将其作为重要的投资模型因子。Hedgeable专门开辟了投资顾问板块，允许注册投资顾问、财务顾问、认证财务规划师、注册会计师、律师、保险代理人和其他财务价值链上的重要角色使用Hedgeable平台为他们的客户服务。

当然，国内智能投顾行业的发展，还取决于未来监管政策的逐渐明朗。智能投顾行业如果因牌照所限，不能向个人投资者的证券投资账户直接提供投顾服务，那么在未来相当长的时期内，其最佳出路只

能是向机构输出技术能力，这可能意味着机构投资者跟大众投资者的实力对比将进一步拉大。

智能投顾服务目前还不可能真正做到普惠众生，只能在高净值人群之外，服务限定规模的中产阶层人群，或者作为投资机构的技术输出方存在。这是由资本市场的零和规则决定的。即一个人赚钱的同时另一个人必定亏钱。当机器通过算法和程序发现了一个更好的策略，理性的做法就是遵循华尔街的规则“闷声发财”，如果这一策略被广泛服务于大众，收益率必然大大降低，甚而最终失效。这是智能投顾在普惠与高收益之间的悖论。

再以Wealthfront为例，其首席投资官就是《漫步华尔街》的作者Burton Malkiel（伯顿·麦基尔），而这本书倡导的被动投资哲学认为，既然长期战胜不了市场，那就干脆投资市场。Wealthfront就遵循这样的哲学，选择跟踪指数的被动型投资工具ETF作为投资对象，以期获得长期、稳定的收益。但作为一个公开策略，这也决定了它不可能获得超额回报。

从实际情况看，Wealthfront、Betterment等智能投顾公司，管理的财富也就是30亿~50亿美元的规模，跟一些传统的、超大的资产管理公司，比如贝莱德动辄数万亿美元的资产管理规模相去甚远。

本节开头提到的Kensho，最终还是难逃被华尔街投行大佬高盛（1500万美元融资）、谷歌风投、恩颐投资（1000万美元融资）等公司收编的命运。其宝贵的数据处理技术，最终对普通人关闭，被限定在了华尔街神秘的小圈子里，其投资领域的平权革命戛然而止。

一些全球超级的资产管理公司如Charles Schwab（嘉信）、Fidelity（富达）、Vanguard（先锋投资）以及国际大投行如高盛、JP摩根、瑞银也都在通过投资并购或自建平台的方式进入智能投顾领域。

投资牌桌上的大玩家，正在金融领域的智能革命到来前纷纷醒来。未来，能与之竞合的，恐怕也只有人工智能技术实力雄厚，又掌握海量数据的科技巨头了。

数据挖掘：智能投资的钥匙

2016年11月，美国总统大选激战正酣。与此同时，投资市场另一场大战也正在上演。

瑞信的分析师们观察到，管理资产规模约3300亿美元，量化兼具多空策略的CTA（期货投资）基金正逐渐转向空头，针对美股的空仓仓位飙升到近期的最高水平。而另一方面，管理资产规模超过2150亿美元的多空股票基金，针对美股的多仓仓位则创下9个月来的新高。

对峙双方大部分的投资交易都是在计算机的帮助下，通过算法和模型来进行的。于是媒体将其定义为“机器人大战”。

由于量化投资的大部分交易是由计算机完成，也使用各种模型和算法，很多人将其理解为人工智能对投资市场的干预。但实际上，量化投资只是利用计算机强大的计算能力寻找市场上的无风险套利机会（Arbitrage），只能算交易策略范畴，大多与人工智能并无关系。

而真正的智能投资依然是基于数据驱动的。无论算法怎么迭代，怎么有创意，也不论逻辑关系设计得多巧妙，有了金融算法模型，还必须有大量的符合模型需求的经济、社会、特定行业变化等多维度的数据集，来验证算法模型的可行性和精准度。

可见，一个开放性的大数据环境对智能投资，或者金融信息分析都至关重要。因为从物理世界中获取数字化数据的成本极高，很多公

司又没有自己的大数据资源，智能投资分析与决策就无从谈起。

百度、谷歌拥有的搜索数据、地图数据等庞大、多维、立体的大数据资源，有别于传统金融体系的数据，为互联网视角下金融数据特征的挖掘提供了丰厚的资源。加上领先的人工智能技术，给了搜索引擎类公司切入金融投资领域最佳的禀赋资源。

有了资源，也就有了“挖矿者”。搜索大数据中的炼金过程一般是这样的：通常，确定数据源后，依托成熟的大数据技术可对全网数据进行高速整合，提升数据运转效率，同时保持网络数据信息的完整性，进而运用先进的机器学习、人工智能、大数据分析等技术，对海量数据进行分析处理，挖掘金融资产的个性化特征。

例如，百度日均产生跟股票名称或股票代码直接关联的搜索量约2000万次，一只股票的搜索量和其股价走势往往呈现高度的正相关性，平均相关性达0.7以上，搜索量作为量价的补充信息，代表了某只股票被投资者关注的程度，辅助以舆情因子的判断，可以被当作潜在买家/卖家的能量积蓄，用来判断何时入场，什么时候又该进行风险规避。

搜索数据能潜藏宝贵的投资决策金矿，是因为人们在主动搜索时一般是不会说谎的。

如果搜索是主观意图数据的体现，那么，在数据足够丰富的情况下，就可挖掘提炼出人群对信息的潜在需求和关注程度。A股特殊的投资者结构（散户居多）和运行特点（习惯炒作）使得搜索数据成为绝佳的观测维度。因此，搜索数据辅助大盘选择时，能够有效地观测市场变化。

搜索数据还可以进一步挖掘和提炼，比如，现在百度地图已经在全国标注了3000多个工业园区和4000多个商业区，通过观测这些工业

园区和商业区，可以有效洞察一个地区、一个商业中心、一个景点，甚至一个城市的人流量变化情况。

智能系统甚至可以以机器学习的方式，提炼某一企业的知识图谱，并实时自动更新。

因而在丰富的时空数据下，投资方能以更广、更及时的视角实时监测所投资企业的开工率变化，并得到及时的投资决策参考。

传统的金融逻辑、投资逻辑、资管能力，加上相关性很强的实时数据，无疑会大大提高投资判断的准确度和前瞻性。

在金融领域，每提升一个百分点的效率，降低一个百分点的风险，都意味着巨大的财富收益。

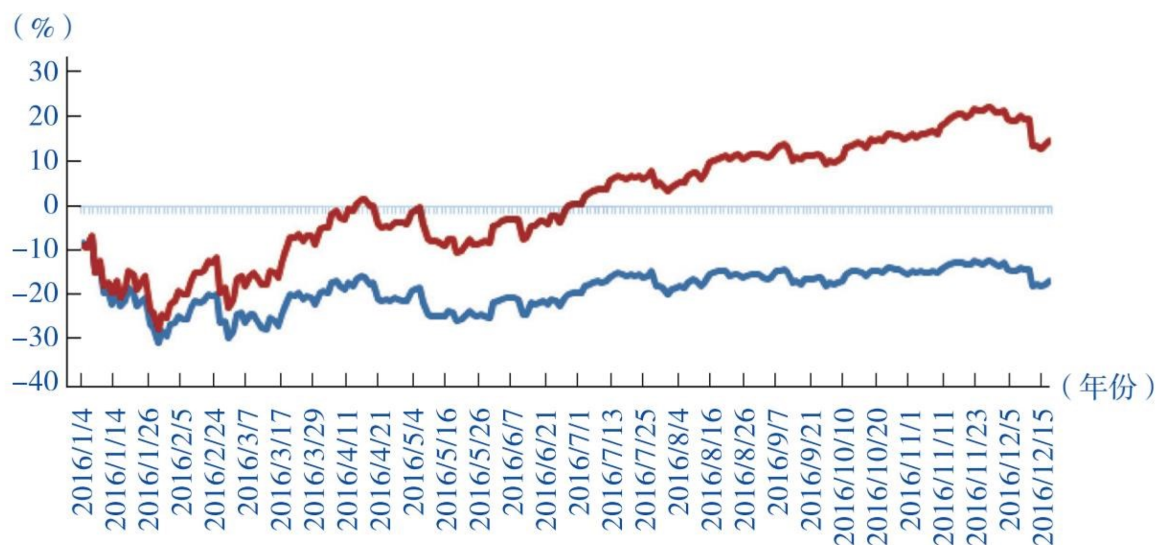


图7-3 百度收益型量化策略与中证500收益型量化策略的收益率对比

智能金融的三层境界

当然，市场需要我们永远保持敬畏，它的复杂多变远超出人的想象，为了理解这个市场，天才虽然创造了相对简约完美的模型，去抽象理解我们面对的金融世界，但是，在模型简约化的过程中，必然会损失一些东西。而且这些模型相对来说还是静态的，随着时间的推进，过去可用的模型也可能逐渐变得不再那么精准了。在伦敦咨询机构Preqin的研究中，典型的系统化基金的收益并没有比人工操作的基金效益好。

本节开头谈到的那场美国大选前的机器投资大战，可能被媒体过度夸张地解读了。正如巴菲特所说，“投资并非一个智商为160的人，就一定能击败一个智商为130的人的游戏”。



图7-4 系统基金与人工操作基金收益对比

资料来源：https://www.wired.com/2016/01/the-rise-of-the-artificially-intelligenthedge-fund/#slide-1

不管什么样的算法和模型，都要尊重金融规律和投资逻辑，波动不是机器投资引起的，而是市场预期变化引起的。背后做出洞察和决策的还是人，至少在我们可以预见的未来，这一点不会改变。

目前，不少人工智能投资公司宣称，自己系统的股票交易已经完全不需要人的干预了。比如李嘉诚参与投资的Sentient公司的首席科学家Babak Hodjat（巴巴克·霍加特）就宣布“我们的系统可以让基金自动调整风险等级”。

以人工智能分析美股市场的对冲基金公司Aidyia的创始人Goertzel（戈策尔）则对自己的系统更加自信，“如果有一天我们都死了，这个系统仍然会自动交易”。

但实际上，我们很难想象一个完全由机器操控的投资市场。如果大部分基金都完全用人工智能，也许会出现我们不想要的结果。一方面，在精确的计算下，机器投资的节奏和标的越来越趋同，市场的波动越来越小，变得越来越无聊和乏味；另一方面，因为机器选择的投资对象越来越集中，也就同时埋下了市场失衡的种子。

在刘慈欣的短篇小说《镜子》中曾经描绘了这样的景象：当人类社会未来的一切都可以精确计算和预测，人类社会的发展也就走向停滞，最终便是文明的毁灭。

这样的联想可能有些扯远了，但它给我们的启示是：投资融合了人的本质欲望，甚至包含了助推人类社会不断发展的文化特质，投资过程带来的意义，远比最后的数字增长要大得多。

关于人工智能投资和人的投资决策的关系，百度副总裁张旭阳曾在一次研讨会上阐述了他的看法：

投资是技术、艺术和哲学的结合。百度领先的大数据和人工智能技术，可以解决一些技术层面的问题。但是，投资有时候是一个艺术层面的问题，否则就没有巴菲特这样的古典投资大师的存在了。对于一个市场信号，不同的分析师会有不同的解读方式和方法。比如，通过百度大数据分析，我们发现理发师和教师人群开始关注股票了。对于这个信息，有的分析师可能认为这是一个卖出信号，而另外一些分析师可能认为这是买入信号。这实际上是对投资经验提升的一种知觉，在这个决策判断的过程中，投资更多是一种只可意会不可言传的东西。

我们现在的人工智能技术可取得突破的地方，比如图像识别、语言识别、自然语义理解、用户画像、算法和辅助决策，这些都可以提炼出明确的信号，机器通过自我学习之后，可以做出判断。但投资决策最关键的部分是不明确的，是一些意中有、语中无的东西，我们目前的技术还没办法理解这种东西，也就没办法代替人做出洞察和判断。

AlphaGo打败李世石之后，很多人认为机器是不是可以替代人进行投资了。但实际上，投资与围棋的博弈完全不同。围棋是一个封闭的、信息充分的博弈环境，但投资有人的非理性，是开放式环境，这种情况下，技术要替代人去做决策，还需要极大的提升，这一过程至少以10年计。

实际上，目前用于投资的人工智能算法都大同小异，以前是逻辑回归、因果分析；后来有了深度神经网络，有了所谓的梯度决策树；再后来有了遗传算法。但这些算法的进步，都没有超出相关性分析的范畴，只可以实现一些短期记忆的东西，毕竟还没有达到人类大脑的反应程度，对于投资市场上一些可重复、可循环的投资决策，机器可以很好地去安排。但是，对于有一定缺陷的市场，或者说在投资艺术层面上有缺陷的市场，还需要人工干预。

我觉得在艺术层面，机器至少现在还难以取代人。我们的智能投资背后也需要一个团队维护算法，对这个算法的逻辑要不断地做一些调整，来适应不同的投资环境下的安排。

投资的第三个层次就是哲学，也是自律。也即投资到底是为什么？我要有止损止盈的法则。这个方面可能机器反而可以更好地去掌握。其实，通过机器来止损止盈是很容易做到的。因为，人难免有情绪波动，有贪婪和自信。比如，总认为自己跟别人不一样，这次跟上次不一样，总是觉得，我这次能逃离，别人会接我最后一把，我能出手，我虽然知道泡沫很大，但我自信不是接最后一棒的。但历史往往是重复的。而通过机器的算法，完全可以给你设定，到某一阶段就要认输离场，或者到了某种程度就要止盈了，可能还有一个正反合的过程。

但是，目前机器即使是在艺术层面、还难以取代人，我们的智能投资，背后也需要一个团队维护算法，对这个算法的逻辑要不断地做出一些调整，来适应不同的投资环境下的安排。

总之，在金融投资市场，人仍然是最关键的决定性因素，尤其是在金融跟人工智能的融合创新正在加速的时期。

就像当年大批物理学、数学翘楚涌入华尔街，并给后者带来革命性的变化一样。如今，当华尔街面对金融科技浪潮惊呼“硅谷已至”的时候，人工智能与金融人才的跨界流动与融合，正在百度这样的技术性公司出现。

“Robin说欢迎硅谷的人回来。我就来了。”曾任职于微软研究院的吴建民这样回忆他来到百度的原因。他主要是在百度金融开展智能获客等相关研究。如果说他与更多的人工智能专家属于依靠技术解决金融问题的人，那么操盘资管理财的张旭阳、负责消费信贷的黄爽等来自传统金融机构的专业人士，则属于提出问题、定义问题的人。

这种人才的跨界组合激荡着创新。人工智能与金融业务的融合，将在身份识别认证、大数据风控、智能投顾等方面，对金融服务带来怎样的革命性改变，我们拭目以待。对个人来说，人工智能金融工具将无可回避。5~10年之后，当你去银行、证券公司、保险公司等机构接受理财、信贷、金融服务时，背后都有人工智能的身影。朱光将金融科技的未来状态称为“AI inside”（内嵌人工智能），我们希望自身的技术、数据、能力会支撑中国所有的金融机构，减少金融不确定性带来的冲击，发挥金融助力美好生活的力量，实现普惠金融的梦想。

08

每个企业都需要一位首席人工智能官

数据、算法与个人生活、社会治理、经济结构交相辉映的新文明呼之欲出。文明的进化不是靠纸上谈兵得来的，而是依靠千千万万创业者和劳动者的努力，以及有为者的均衡治理，自然演化出来的。这个过程充满了艰辛与不确定性。

中国的企业家们已经听见了来自物联网与人工智能的风声，但方向捉摸不定。企业有没有足够的数据资源储备？从哪个方向入手？更重要的，是否有可靠的人工智能人才？

对于技术性企业，这个问题不算难解，前沿产业与高端企业的人工智能升级早已上路，很多大企业已经开始布局智能化工作，比如智能家电。但人工智能作为一项扎根人类普遍生活的技术，必须被广大企业接纳才会愈加焕发光彩，而广大企业也都应该享有从人工智能获利的机会。

传统国企正在经历艰苦改革。太原铁路局是中国铁路货运量最大、重载技术最先进的铁路局。铁轨、电气这种工业1.0和2.0时代的设施提升后，马上就会面对工业3.0甚至4.0时代的挑战。面对繁忙的运输，必须优化业务流程，提升运转效率。

人工智能科学家分析，一列火车从一个城市跑到另一个城市需要的时间是比较固定的，影响运输效率的是中转时间，即当一列火车到站，把货物从火车转到仓库，再从仓库转到火车需要的时间。降低中转时间对物流效率有很大影响。百度协同太原铁路局采集了很多物流数据，把这些数据放到百度云上，训练出了几个模型来精准预测火车的到达时间、未来的仓储需求、未来的运力需求，把中转时间降低了50%。

老国企的智能化革新虽然不容易，但毕竟具有积累多年的技术团队和资源。相比之下，我们更关心广大中小企业如何在智能浪潮中把握航向。我们可以肯定地说，人工智能对中小企业是普惠的，无论商

业端还是消费端都有大量对人工智能的需求存在，普通企业尤其是中小企业在智能时代有很多的机会，时不我待。

谁来突破产品升级的瓶颈

智能革命一定是发端于领先学科和领先企业的，短期内会拉大企业之间的差距。但人工智能方法是公开的，便于学习，如果企业努力，就可以习得。在这个过程中，我们认为传统企业尤其需要人工智能领域的专业人士来引导。

2015年发布的《中国制造2025》行动纲要指出，“制造业是支撑我国经济社会发展的重要基石和促进世界经济发展的重要力量”“各国都在加大科技创新力度，推动三维（3D）打印、移动互联网、云计算、大数据、生物工程、新能源、新材料等领域取得新突破。基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式变革；网络众包、协同设计、大规模个性化定制、精准供应链管理、全生命周期管理、电子商务等正在重塑产业价值链体系；可穿戴智能产品、智能家电、智能汽车等智能终端产品不断拓展制造业新领域。我国制造业转型升级、创新发展迎来重大机遇。”

并非只有《中国制造2025》中涉及的行业才适合智能升级，几乎所有企业都可以。剧场、电影院可以通过对观众购票规律的智能学习来优化票务工作；小超市、小店铺可以通过门店电子传感器和第三方数据（比如百度地图的客流数据）来分析访客规律；传统新闻单位可以考虑接入智能流来创新资讯生产和推送流程。

人们对升级的认识，往往局限在用料、工艺等方面，而人工智能带来了一个新的升级维度。以家居用品为例，人工智能在此领域已经赋予了许多新的场景：即便只是一副窗帘，也已经有人开发出智能化

方案，让窗帘系统主动记录和学习户主的使用习惯，在适合的时间自动开合以调节光线，配合户主的作息习惯；智能马桶圈可以不必整日加热，而是根据户主上下班时间和传感器来决定加热时间；养老家居系统可以观测、学习老人的起居规律，调整各项家电状态，甚至在老人作息异常时向亲人发出预警信号。我们需要的只是更多的创意。

历史经验：首席电力官的辉煌时代

众所周知，在人类工业时代的黎明时分，纺织机和蒸汽机的推广曾遭遇激烈反对。

在英国，由于纺织机械带来低成本产品，传统的手工纺织业被挤垮，遭到工业主和工人的反对，掀起所谓的“卢德运动”。珍妮机发明者哈格里夫斯多次遭到同行和邻居的驱逐。但珍妮机最终还是推广开来，助力英国统治全球纺纱业。而蒸汽火车一开始甚至速度还不如马车，从而被马车夫嘲笑。

到了电气革命时代，历史再次重复，比如马可尼在1895年研制出最早的无线电装置，并且利用这一装置成功进行了远距离摩斯电码通信实验。他成立无线电报与信号公司，推动无线电商用。但由于与海底电缆公司的利益相冲突，他想在纽芬兰设立无线电报局的事遭到反对。不过当时美国的现代市场体系和技术偏好已经初步建立，所以无线电还是很快发展起来。

电气革命与今天的智能革命有一些“基础质料”意义上的类似。与蒸汽动力无法远距离传输和统一布局不同，电力是一种无限流动的普适能源，正如今天的互联网是一种流动的，让用户可以随时接入的基础资源。“电+产业”正如今天的“互联网+产业”，颠覆了无数的传统产业。

当然，电流和智能流只是在比喻意义上可以类比，前者是电子的流动，后者是比特编码的流动，不是同类事物，但这种类比有助于我们感受问题的关键所在。我们不妨对比一下两个时代的企业升级。

当电气流向千万企业，很多企业主动寻求升级，虽不是像蒸汽时代那样抗拒，但同样困难重重。一百多年前的电力系统十分复杂。需要在直流电、交流电，不同的电压、不同水平的可靠性、不同的电力接口以及价格之间做出合理的选择。直到今天，各国的电压和接口规格（插座口）也都没有统一。和不同电力公司打交道也是个技术活，否则很可能吃亏，正如今天企业找互联网技术外包公司时，如果不专业，就会落入陷阱，从编程语言到系统架构，都有各种令人眼花缭乱的选择。

就公司本身业务来说，如何使用电力获得最佳效益也很难搞清楚：是应该先给企业全装上电灯，还是优先用电动机取代燃气轮机?于是，当时许多公司聘请了电力副总裁（VP of Electricity）帮助组织改革工作，以保证公司内的每个职能部门在自己的工作目标或产品上考虑电的存在。包括布置电线、购买电力设备、改造原有设备，甚至改造公司业务流程（电灯使得夜班成为标准）。

电气革命时代，人们可能想不到当时有多少关于电的开脑洞产品，就像蒸汽机时代也发明了很多后来消失了的蒸汽装置，这些装置如今只残留在蒸汽朋克动画片里。

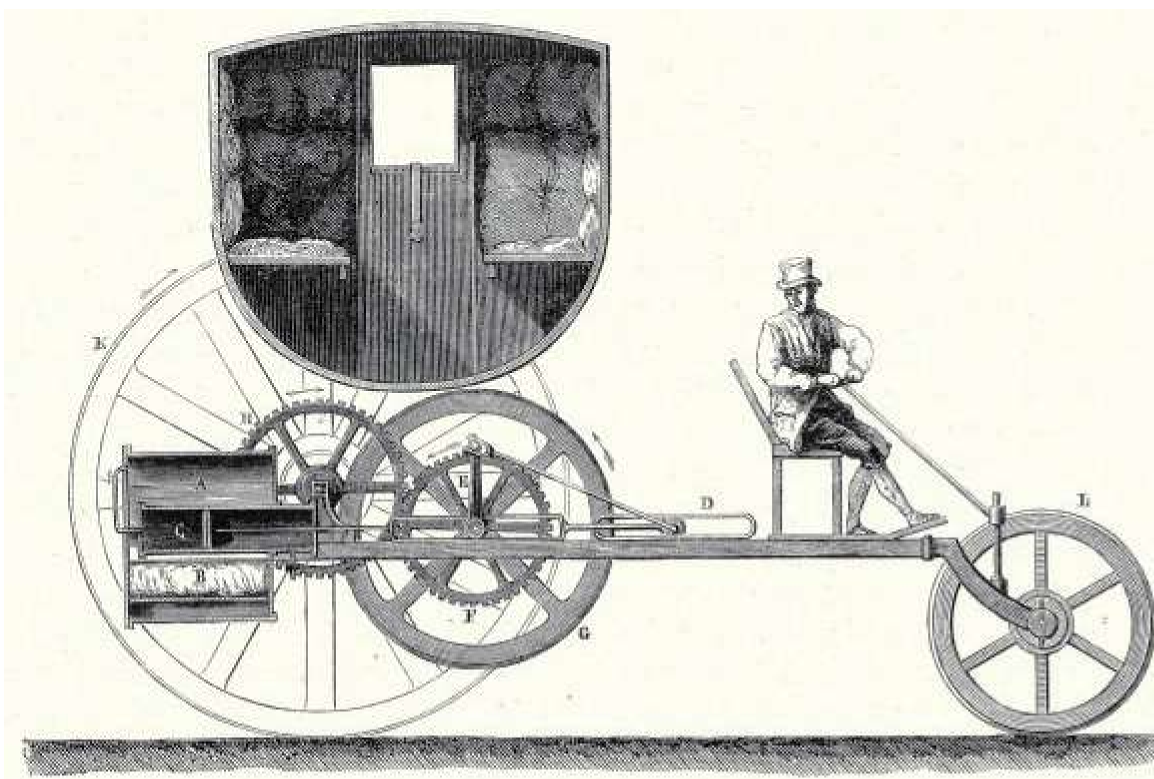


图8-1 1845年由意大利人发明的“蒸汽汽车”

首席电力官要发掘各种电气产品究竟能给公司哪些方面带来价值，他的视线不能局限于作为能源的电力，还要渐渐升级到对电子产品的跟踪。比如人类为了基于输入电压控制输出电流，需要一种可变电流开关。在20世纪50年代晶体管工业起步前是通过广泛使用真空三极管（也叫电子三极管）达到这个功能的。晶体管一开始生产工艺不过关，产品合格率低，以至于每一枚晶体管的价格高达20美元，而一枚真空三极管只要1美元。这时候企业该如何选择呢？这需要看准什么能代表未来。最终晶体管由于能耗低、寿命长、体积小而取代了真空三极管。

随着电力系统的成熟，首席电力官这一角色才消失。反过来说，每个使用首席电力官的企业，也促进了电力对总体生产方式的渗透，促进了国家电力系统的标准化。

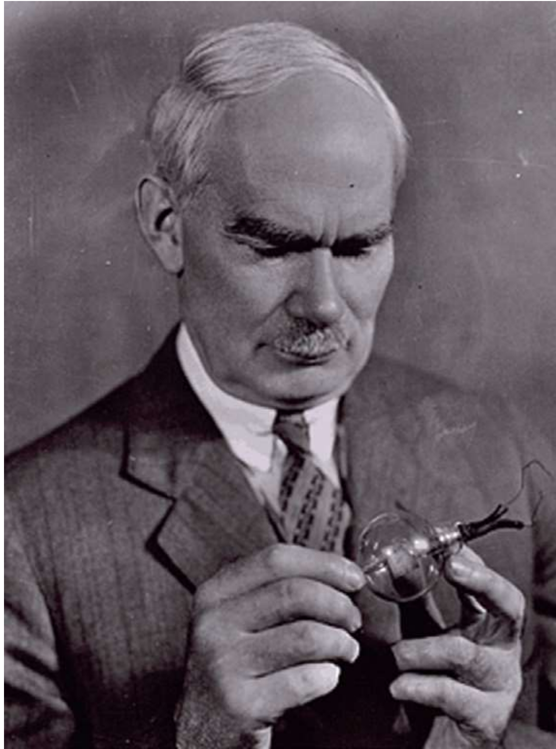


图8-2 真空三极管之父李·德福雷斯特（Lee De Forest）

注：使用手机百度或智能革命App扫描图片可见AR效果。

二十多年前互联网的出现也是如此。互联网走出军队实验室，渗透进企业、高校乃至家庭，这是一个复杂的过程，同时也给企业带来了网络技术总监这个职务。

在今天这个全民使用互联网的时代，很多公司依然选择网络外包服务。从节约资源的角度来说，这是合理的，不是所有企业都要供养昂贵的技术团队，像购买电力一样购买互联网服务是很方便的事情。

但购买互联网服务分为两个层次：一个层次是基础设施（IaaS）——接入主干网，交服务费，这是一个服务非常标准化的层次，不用费太多脑筋；另一个层次则非常个性化，是在基础平台上定制互联网产品服务（PaaS和SaaS），比如云服务器、数据库系统、办公协同工具、财务管理工具、App制作等，需要定制开发。这个层次操作起来对传统企业仍然比较复杂。如果企业做到一定规模，技术条线依然单纯依赖外包，就会迷茫。于是不仅科技企业，传统企业也需要CTO（首席技术官）。很多小公司的CTO并不管理一个大团队，他的职责就是代表公司利益和外包方打交道，决定选择什么服务，并监督实施过程。

所以优秀的CTO绝不只是网管运维，还要发掘公司所有部门、产品与网络的价值链，跟踪最新的技术发展方向。他要了解产品和业务，预判长期技术战略方向，不断跟进业务和技术发展做革新，否则就会像历史上的电力官一样，等到电力普及了，就被工程师或者产品

经理代替，不过至今在大部分工业企业中依然有电力官残余的影子，那就是电工。

迎接智能原力

人工智能应该像互联网一样成为一种开放的事物。开放的人工智能服务也将变成一种“流”，就像电流一样方便用户接入。

人工智能专家和企业家李志飞在2016年乌镇互联网大会期间发言说：“必须非常清晰地认识到，人工智能在短期根本不能跟人相比。而我们今天应该踏踏实实把一些应用，比如云交互、自然语言理解、计算机视觉等各种应用场景做出来。例如车载设备、可穿戴设备等。让用户觉得真正有用，而不只是在媒体上或者在电影里面讨论一下。”

这与百度的态度不谋而合。谷歌、特斯拉等国外企业做了不少有趣的智能公关项目，无论是下围棋还是QuickDraw（你画我猜）游戏，都极大地提升了大众对人工智能的讨论兴趣。可能身处美国西海岸的工程师才有这样放松无虑的心态去做一些看似轻松的项目。背负更多责任的中国人工智能企业恐怕很难这么轻松，很多同行确实把精力都放在开发企业级应用产品上而不是做宣传。据报道，谷歌已经把一度吸睛无数的机器人和无人车业务都拆分了出去，不再给予无条件支持。中国企业呢？能否扎实推进人工智能的工业级发展？

百度追求把人工智能技术运用到企业升级中去，为全产业带来提升，而不是只创造一些故事。我们认为，人工智能就是要向企业输送源源不断的“原力”，比如百度地图的数据流平台、可供接入的语音识别服务等才是最重要的。

比如，百度地图衍生产品“百度慧眼”，通过对常住人口、客流量、生活区物价水平、写字楼密度，甚至具体到某个路口人流是往左走还是往右走来进行人群画像。在与很多连锁店企业的合作中，百度慧眼不用GPS，单靠用户手机对WiFi的搜索情况，就能实现30米以内的定位精度。只要用户手机收到连锁店自身的WiFi信号，就判断为用户进店。以此为店面评估市场容量、预估营业额。这一功能还可以为地产、电影院线等选址给出科学建议。



图8-3 百度商业选址过程

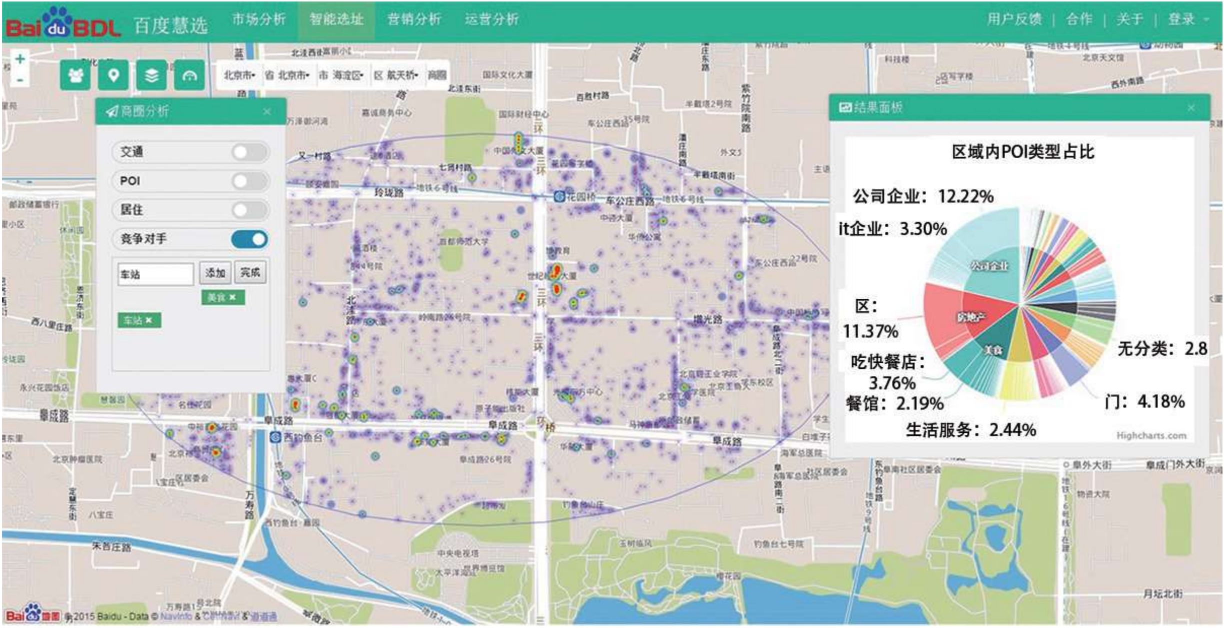


图8-4 百度利用时空数据分析进行商业选址的示意图

百度大数据实验室科学家吴海山对时空数据的挖掘，不仅将人工智能应用于商业选址，其在企业销售环节的应用也立竿见影。比如某个餐饮企业要向1000个用户发出1000张优惠券，但怎样保证这1000人

没有光顾过店家并有意前来消费？我们可以根据“老顾客”的特征使用机器学习训练出一个模型。根据这个模型从数据库中找出消费习惯匹配的用户，休息日是宅在家里还是泡吧？经常去的餐饮场所的人均消费如何？喜欢去国外旅游还是在国内旅游？上下班是坐地铁还是开车还是其他的方式？通过对新老用户的相似程度进行排列，选取最接近的1000人推送优惠券——这样的成功率显然比大街上随机发传单高得多。

如果想要寻找合适的智能流服务接入自身业务，每一个企业都需要有人工智能的领导者。传统企业为了利用人工智能的优势，需要理解人工智能能够做什么以及它如何影响公司的战略。为了准备迎接这一颠覆性时刻，公司应该如何组织领导团队呢？

从CTO到CAO：引领企业升级之人

企业永远需要引领技术的角色。如今一般企业都会有CTO或者CIO（首席信息官），为了应对智能革命，吴恩达在2016年11月撰文提出，每一个企业都需要一位CAO（Chief AI Officer，首席人工智能官）。

那么CAO从何而来？CTO、CIO与CAO的关系又是什么？

随着互联网全面渗透，CTO这个角色诞生了。他不同于以往的总工程师等，是特别应对互联网信息化浪潮的角色。在很多企业、单位，初级技术官的职能往往在于搭建一个内网平台，管理软硬件等。然而新的时代，每个CTO是否具有智能化业务的视野则不一定。举个例子，在一些高校商学院，CTO的职责仅限于根据需求来打造网络、办公系统等，不会洞察和利用商学院本身的业务带来的数据增益。比如很多商学院有课程案例销售工作，本可以智能化，对客户订阅进行

跟踪分析。金融原本与数据紧密相关，但很多金融学院自身恰恰未能数据化。

很多企业的Web1.0信息化和数据化工作都还没有做好，所以有人提出企业需要CDO（首席数据官）或者CIO。CIO是CTO的升级，来帮助公司组织信息。他们思考如何提升公司信息的传递效率，如何能共享信息而不是各部门重复生成同类信息等。有调查显示，CIO里非技术专业出身的比例也不小，因为CIO不仅要懂技术还要懂业务。

CDO需要有洞察数据含义的能力，比如通过数据可视化技术直观地把握数据反馈；通过“数据挖掘”发现隐蔽的价值所在；通过优化企业数据架构，把无意识状态的数据变成主动的数据燃料。

过去一般IT部门的工作重点是选择、实施和集成ERP系统，管理公司的服务器和网络，使用计算机设备培训所有新员工内部软件和流程以及内部业务运营。具体项目大致包括：员工信息管理，尤其是对人员招聘和流动状况的分析；工资和成本管理；保险和福利；会计电算化；开发项目管理；服务器管理；存储；企业通信；营销自动化；客户关系管理；客户需求分析；企业知识积累等。

然而如今，大型ERP系统正在被云托管的专门的SaaS产品所取代。这些应用程序具有对消费者友好的用户界面，购买、使用和部署都很简单。企业不再需要几周的搜索来确定最佳的工资软件并花上几个月来实施。比如开发项目管理除了jira（项目与事物跟踪工具）外，甚至第三方办公协同软件也可以完成此类工作。服务器管理有亚马逊网络服务、百度云、阿里云等；企业存储有百度云盘；企业通信有企业版QQ，钉钉等。

信息技术服务已经被“流化”了。实施大型SaaS工具仍然需要一些集成工作，但过去几年的趋势已经表明集成难度在降低，企业应用程序在简化。

过去CIO还有一个主要职责是建立技术团队。然而，随着技术劳动力可以按照需求应变，公司可以到自由职业者平台上雇用码农去应对一些小任务，也可以通过平台寻找成熟的“即时”专家团队。各种在线项目管理工具和资源使得管理外包服务也会变得更容易。在这种状况下，CIO原先业务的重要性在下降。

电力官早已消失，CIO也会消失吗？以百度为例，在前几年移动互联网热时，百度曾专门设置了“移动官”，负责思考和规划如何让百度的服务移动化，但随着移动互联网思维的普及，这个职位已经取消。

有识的CIO会适时转移自己的业务焦点。虽然第三方IT服务越来越标准化，很容易接入企业，但客户需求是不断变化的，不像企业自身的IT基本需求那样标准化，更不像电力能源的标准化。CIO要应对来自客户的信息变化，并对企业信息业务做出调整。

未来取决于CIO的视野。一个新任务就是负责组织完整的企业数据和智能战略。无论称这是CDO还是CAO。

CTO和CIO的开发任务减少了，因此获得了更多的时间和精力，应该尽早投入到钻研智能技术上。第三方IT服务依然是通用型的，而企业要做的是追求个性化定制，正如相同的外包公司与能力不同的企业产品经理结合，会开发出质量高低不一的产品。CIO或者CAO要审视企业自身的数据，寻找那些没有被充分利用的数据资源。

CAO要处理的信息远超过财务之类，还包括生产信息、组织信息，乃至员工的走位信息。想一下快递公司为什么需要掌握快递员的运动轨迹？CAO会考虑收集快递员的运动数据，采用数学方法加以分析，提出优化建议，提升快递效率。

数据在CTO眼中可能只是技术副产品，但是在CAO眼中则是战略性资源。他需要花费大量精力来思考客户需求和完整的用户链条，以寻找方法来增强公司的产品和服务，并尝试在所有产品上与客户展开互动。

比如在航空领域，中国南方航空股份有限公司作为中国运输飞机最多、航线网络最发达、年客运量最大的航空公司，为了把“大”转化为“灵”，与百度合作，成为首家入驻百度“行云”出行大数据平台的航企，利用百度位置服务产品、数据及市场资源（如百度地图），为旅客提供包括机场室内导航、候机楼到市区的智能交通、行程规划、动态诱导等服务；发挥百度在云计算、大数据等领域的技术优势，建设基于地理定位服务的大数据分析模型，提供规划设计、统计分析、市场监测等决策支持，为旅客提供全流程、高质量、多内容、高效便捷的出行服务。

从互联网到大数据，再到人工智能，不只是概念变化，更是认识和实质的变化，是从形式到肌体再到灵魂的上升。无论CTO还是CDO，具备人工智能视野都是很重要的。

CAO将与公司的不同部门（人力资源、销售、市场营销、产品等）进行合作创新，通过数据连接、整合不同部门。在深入数据整合、互动、挖掘时，会越来越需要成熟的方法和工具，此时，接入人工智能流也就呼之欲出了。

首席人工智能官做什么

引入成熟的机器学习方法，把数据变成训练材料，塑造自动化机制，寻找、发掘有价值的管理模式和客户模式，或者合理引入第三方人工智能流，支撑企业业务发展，并找到一个合适的创新循环：数据

—算法—知识—用户体验—新的数据，循环往复，滚雪球式前进，在这个过程中创造商业价值。这就是CAO做的事情。

CAO作为一个新角色会面临很多不确定因素。当他去寻找人工智能服务时，应该遵循什么标准？就像CIO要懂得选择标准合适的第三方服务，个人用户会关心诸如计算机显卡或者USB（通用串行总线）接口标准一样。人们经常询问百度，人工智能服务有业界标准吗？

吴恩达认为，人工智能在当下并不十分成熟，还谈不上统一服务标准，各家都在尝试。在这个层面，各个企业的CAO都很重要，因为他们也担负着探索的责任。但是，稳定、方便、好用的工程化产品应该是正确的方向，有助于人工智能的“标准化”。比如开发者将可以在某个人工智能平台上方便地调用接口，享有稳定的智能流输出，支持企业运行和创业，就像现在人们在手机和开发平台上创造App一样。百度大脑就是这样一个平台。

这一轮的人工智能形成热潮，原因之一是门槛降低——深度学习的原理尤其是算法原理都差不多，就看谁的积累雄厚、谁的数据丰富、谁的训练充分。就好比无数程序员都会用java语言编程，但编程能力大有差别，你只能尽力选择最好的。

对于深度学习神经网络，调节神经网络参数的工作极其复杂和多变，需要根据不同业务场景做特别优化，虽然算法的基本思想差不多，但发展各异，也谈不上统一标准。因此，训练神经网络又被称作“炼丹”。吴恩达正在写作的新书《machine learning yearning》堪称一部“炼丹”手册，不是在讲“丹药”怎么好，而是在讲“炼丹”当中遇到的难题和解决办法。深厚的经验和务实的方法，大约就是一种标准吧。

期望每个高管完全了解人工智能是不合乎情理的。但如果所在的产业能产生大量数据，那就有很大的机会使用人工智能将这些数据转换成价值。对于大部分有数据但缺乏深度人工智能知识的公司来说，

聘请一位CAO或人工智能副总裁（VP of AI）已经箭在弦上，一些CDO和有超前思维的CIO实际上已经在扮演这一角色。

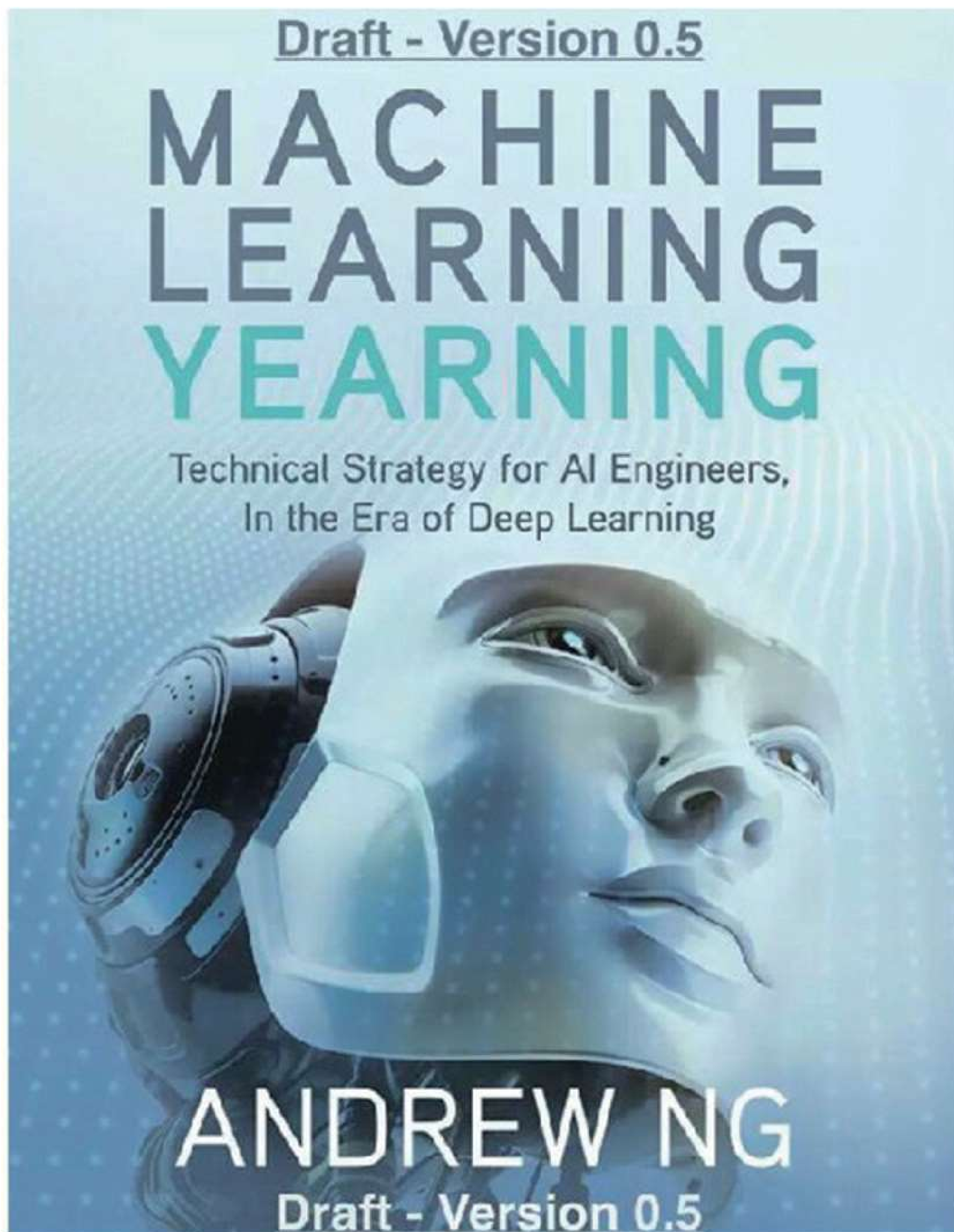


图8-5 吴恩达新书封面

没有智能官的企业将被看作旧企业

著名数据分析公司MixPanel的CEO苏海勒（Suhail）认为，“机器学习不是为了证明某些原因，它的存在是为了针对一些特定的数据、行为或者是模式做出一些高质量的预测。算法唯一的工作就是让你能够更加有效、更加精确地达成目标，而不是告诉你为什么。”

不过我们认为问问“为什么”也是重要的。我们在大量的企业应用中发现，有些企业家急切地希望深度学习网络和数据挖掘能够马上带来利润的大幅度增加，而忽视了机器学习的规律以及企业自身的学习规律。

当企业大到一定规模，业务和数据复杂到一定程度之后，自身的运作逻辑往往是模糊的，不同于企业明文手册上的描述，即便是企业管理者对此也会感到陌生。机器学习具有根据数据反向求得函数逻辑的能力，这种反向推演能力可以给企业运作者提供一种观察企业非显性逻辑的视角。比如对企业邮件往来的关系分析，对电商用户下单时间的分析，对新闻网站发布资讯的时间段分析等，都可以帮助企业了解自身可以在哪些方面进行优化。

企业渴望从互联网时代迈进人工智能时代，这时CAO尤其需要分清轻重缓急，是先优化财务信息还是先优化产能？是固本强体还是拓展销售？

在对外业务上CAO可以带来显著的锦上添花的作用。比如建立自动化的客户需求分析系统，能够即时提交订单信息和生产信息给客户参考。但对内管理也十分重要。以制造型企业为例，生产管理、物料

管理、质量管理、设计变更的信息化和数据化都需要整合，数据化达到一定程度后，辅以算法和开发，人工智能就水到渠成了。

电算化→信息化→智能化，神形合一，如果内部机制不顺，就会发现外部智能化缺少基础，难以为继。企业的内部修炼和外部拓展在智能时代将高度统一。

和电流从外部输入不同，在企业内部，智能的素材已经以“流”的形式出现，产生于每个员工、每个机器的每一个工作环节。这些数据流、信息流每天都在产生和流逝，但很多企业却没有意识到，更谈不上利用，而是任其挥发。

企业内功是和每个员工都相关的问题，比如个人的信息共享、知识管理、工作操作习惯的记录和优化等。

举个例子，网络新闻媒体的编辑每天都在录入文章，一些网络媒体拥有上千个编辑，每个人做着自己的工作。智能系统会侦测统计他们的录入操作，发现哪些环节的鼠标点击工作过多，这其中可能预示着录入系统的设计不合理，据此提出录入系统的优化建议。

吴恩达认为，传统企业尤其需要依靠CAO来了解前沿应用，升级自身业务。当然，面对很多可能的方向，CAO还是应该先抓住一个部门或者一块业务重点突破，形成典范，吸引其他部门燃起热情。毕竟，企业智能化是一个非常需要创新精神的事业，需要广泛参与。

而CEO一定要放权让CAO去施展，甚至亲自推进企业第一个智能化业务。没有CEO发自内心的支持，企业人工智能化工作将会很困难。有些举措可能旁人一开始不理解其价值，之后才会明白。如果错过就会非常可惜。

首席人工智能官的修养

作为与最具挑战性的深度学习技术打交道的CAO，他是一个特别理性的人，还是一个不失感性的人呢？

与一般工程科技不同，人工智能在模仿人类的思考习惯。科学家普遍强调人机结合是未来的发展方向。类似地，智能科学家和CAO都不会是机械论的化身，而是对各种知识具有全面的兴趣。吴恩达本人就是个例子，他不仅喜欢计算机科学，也喜欢人类学和社会学，还喜欢教育学——为了让更多人受到名校教育，把课堂教育重复使用率最大化，他合伙创立了Coursea在线教育课程项目，至今仍然是董事会成员。另外，他对心理学也有极大兴趣。

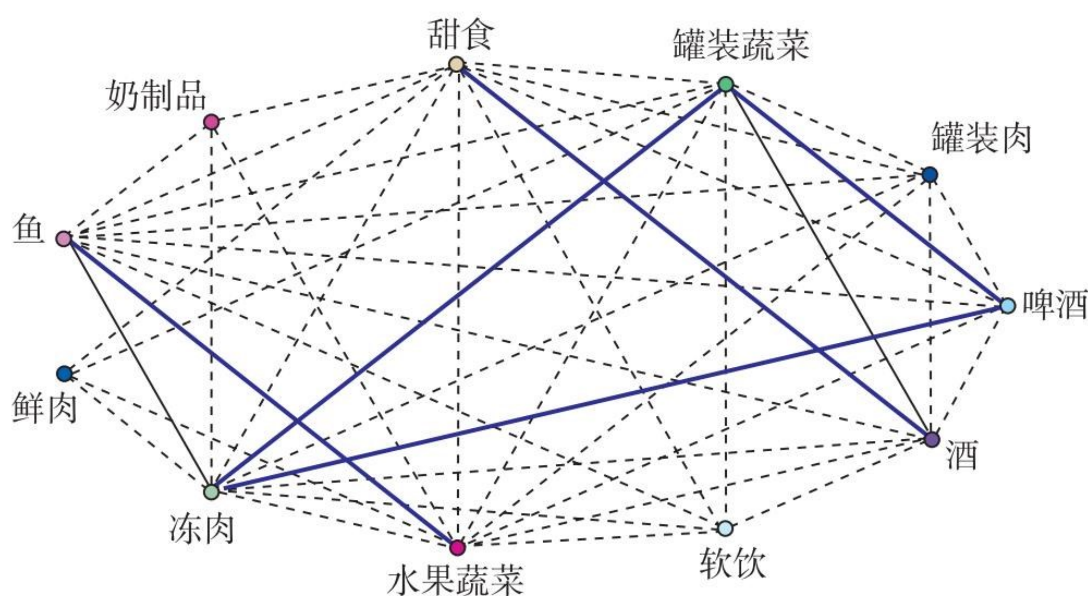
CAO可能是《生活大爆炸》里有趣的理工男，善于发现别人没发现的契机。也可能是数据领域的夏洛克·福尔摩斯，善于明察秋毫。不过他终究首先是一个具有“数据感性”的人。

他懂得利用数据，最重要的是在别人看不到数据的地方看见数据。

第一层：有能力从纷繁的数据中嗅到可能有的关联

张亚勤在与很多企业打交道的过程中发现，前几年做大数据，买了一大堆服务器，收集到一大堆数据，放在那里不知道该怎么办。不收集数据觉得好像错过了什么，收集了却不知道该如何做。即便我们自己这样的人工智能企业，很多数据也一时用不了，但如果不用，以后可能就没用了。因此CAO就要在做什么上发挥才能。

沃尔玛的“购物篮分析”是典型的数据挖掘应用，数据分析师想到从顾客购物小票里发掘购买对象之间是否有相关性。经过数据统计，他们发现除了牛奶和面包会经常被一起购买这种显而易见的关系之外，还有很多以往没发现的关系，比如婴儿纸尿裤常常会和啤酒一起被购买，然后才发现年轻的爸爸在购买婴儿用品的同时，往往会有一种犒劳自己的心理，于是购买了啤酒。



粗线表示概率较高的关联性

图8-6 使用SPSS软件进行购物篮数据分析的结果演示图

资料来源：https://baike.baidu.com/pic/%E5%85%B3%E8%81%94/165901/0/08f790529822720edc57ba9579cb0a46f31fabc0?fr=newalbum#aid=0&pic=08f79052 9822720edc57ba9579cb0a46f31fabc0

沃尔玛超市因此把啤酒和纸尿裤放在货架上靠近的位置，显著提升了销售额。沃尔玛的数据毕竟有限，并且只有购物小票这种用户数据。倘若数据巨大，且可以自动化调整每天的货架，就具有了人工智能的雏形。亚马逊和阿里巴巴的电商大数据都大到了一定程度，因此它们都为人工智能科学家提供了舞台。

这个例子再次体现出CAO所需要的思维模式究竟是什么——正是我们一再强调的相关性思维。牛奶和面包、啤酒和纸尿裤之间的联

系，显然并非是以往科学领域的确定性关系或因果关系，而是一种以概率形式展示的强相关关系。想到从这个角度去发掘价值，这就是CAO具有的素养。

第二层：在数据之上，CAO及其伙伴需要有场景感知能力，懂得场景计算

未来，“业务”的概念将会变得模糊，“场景”成为事物运作的核心，这意味着产品不再像过去那样围绕业务来分类，比如新闻App做新闻，电商App做购物等。现在你有什么样的场景，就可以导入这个场景所需要的一切服务，比如一款移动支付应用，要考虑各种支付场景，如果提供购买电影票功能就要根据用户行为数据猜测用户正处于什么使用场景，除了看电影，是否需要阅读影评，是否需要购买爆米花。企业要做的是根据场景重新规划，打通业务，而不是根据业务来划分产品架构。

从感性的层面说，对场景的敏感实际体现了CAO的生活趣味和人文情怀。老人关怀家居、助盲产品都来自这种关怀。2016年，视频创业发力，有人为此开发出了可以自动剪辑视频的智能剪辑手。只要用户输入关键词，比如“航母”，软件就会把视频中相关的段落大致剪出来，这正是对视觉识别技术的非凡应用，来源于开发者对用户场景的敏锐。

比起一般科学家习惯于无功利地探索与发现不同，CAO需要更“功利”一些，即需要具有经济价值观，帮助企业发掘价值。这体现在优化流程、加速反应、节约时间，把人从重复性的机械劳动中解放出来。人工智能要让人有更多时间来做更有意义的事情，给人类的高级脑力活动留出时间。

在这些敏锐性层次之上，是具体的机器学习操作能力和智能系统搭建能力。吴恩达基于自己带领、扶持过的一些成功的人工智能团队的经验，针对如何寻找CAO给出了这样一些建议：

对人工智能和数据基础设施有良好的技术理解。例如，他们曾建立过重要的机器学习系统。在人工智能时代，数据基础设施（你如何组织公司的数据库并保证所有相关数据都被安全存储并可以访问）非常重要，尽管数据基础设施技能相对普通。

跨职能的工作能力。人工智能本身不是产品或业务，而是一种用来帮助已有业务线并创造全新产品和业务线的基础技术。因此，有能力了解不同的业务单位或职能团队并与他们合作很重要。

强大的企业家技能。人工智能创造建立新产品的机会，从自动驾驶汽车到能与之交流的代理，这在几年前还不现实，甚至是科幻小说中的东西。然而企业家往往是那种具有突破精神的人，能够创造从0到1的价值更新。一个掌握企业家技能的领导者将会增加公司成功创造出这种创新的概率。

吸引并留住人工智能人才的能力。这种人才备受追捧。好的CAO需要知道如何留住人才，例如注重人才感兴趣的项目、给团队成员培养技能的机会等。利用项目去教育别人，而不是事无巨细亲自打点，这样才能形成人才的培养循环机制。

吴恩达认为，合格的CAO应该有管理人工智能团队的经验。由于人工智能进化飞快，他们需要跟得上变化，但要求他们必须处于最前沿就没那么重要。更重要的是他们能跨职能部门进行合作。独立的技术是没有什么意思的，技术需要为人提供服务。机器与人的关系非常重要。要想做最好的人工智能，就需要既懂技术又懂人。人工智能是一场人机之间的故事。CAO既要善于理解机器智能，也要善于理解人情事理。

CAO应该成为一个布道者和指引者，让整个企业具备一种人工智能的兴趣和品格。CAO将是新时代的企业偶像，就像产品大师是互联网时代的英雄（乔布斯）。人工智能知识、产品与管理思维以及合适的人文感受力将共同造就这种英雄。

很可能在不久的未来，没有设置CAO、没有接入智能流的企业将会被看作是旧企业。从CTO到CIO、CDO，再到CAO，是一个循环上升的艰苦提升过程，某种意义上，也反映了企业自我更新、自我进化的艰难过程。

题外话

人才匮乏是当下的普遍问题，企业纷纷从学院挖人，智能科学家也不甘寂寞，纷纷跳槽到企业里去实现梦想。吴恩达的好友，全球排名前十的人工智能（深度学习）科学家Bengio（本希奥）担心，科学家都去企业了，高校里从事深度学习教育的人才就少了，会减少人才的产出。百度则把企业与学院结合起来，在内部进行教育，也向外输出了很多人才，并且准备在高校设立人工智能方面的奖学金。

09

技术奇点
——人工智能的自我挑战

机器人颠覆人类是很多科幻故事的主题，但对于“担当身前事”的科学家来说，他们聚焦的依然是当下人工智能面对的挑战和瓶颈。而这体现的依然是人的智慧。

目前全世界数据的爆发近乎失控，要想将数据进行分类计算需要极大的革新。从根本上说，人类尚未完全适应数据化生活，正如肉身至今也没有适应大工厂机器流水线的节奏一样，这是深层矛盾的来源。

矛盾就是动力。在某些方面，我们可以看到今日的矛盾和工业革命时代有类似之处。

飞梭与珍妮机的纠缠关系就是代表。1733年，飞梭的发明使织布速度大大加快。但问题马上来了，织布需要原料——棉纱，而纺纱的速度赶不上织布，只能依靠增加纺纱工和纱锭数量来弥补。1764年，让纺纱效率成倍提高的珍妮机被发明出来，纺纱的速度终于赶上了飞梭吃原料的速度。沿着珍妮机的思路，卷轴纺纱机和走锭精纺机相继诞生，这下轮到飞梭织布速度不够了，于是又推动了水力织布机的发明。两者在技艺上交替上升，互相激发。差不多同一时候，瓦特的蒸汽机出世，蒸汽原力觉醒，纺纱和织布部门都争相引入这股泥石流。工业革命就在无数机械的同声共鸣中一往无前，生生不息。

如何跨越数据的“马尔萨斯陷阱”

今天的人工智能与数据的关系也类似飞梭与珍妮机的关系。过去，人类构思出机器学习的方法，却苦于没有足够多的数据来验证和训练。互联网大爆发终于使数据不是问题，但如何处理爆发式增长的数据又开始考验硬件能力和计算能力。

巨头的数据烦恼

最早学会享用数据“螃蟹”的勇士之举，成就了BAT等大型互联网企业。巨头都曾对如何处理海量数据有深刻体会。

阿里巴巴早期使用Oracle数据库进行数据存储。这种互联网1.0时代的数据库架构很快就难以承受电商数据的爆发式增长。阿里巴巴不得不彻底换血，重金打造和使用自己研发的数据库。

京东在2013年以前经常因访问量暴增而造成服务器瘫痪，不得不更新后台架构，用java技术取代.net技术。

中国老百姓感受最深的应该还是几年前12306网站的购票灾难。过年要回家，这是融入中国人血脉的传统。但这样一个人口大国，每到春节就会上演“数字”灾难。对于实体世界中的火车线路来说，这是运力矛盾，每个人都感受过挤在车厢中动弹不得的痛苦，没有尊严，仿佛一个个冰冷的比特。这种矛盾通过高铁建设逐渐缓解。但同样的拥挤转移到了网络上。为了方便购票，铁道部对购票系统进行信息化升级，12306网站上线。不过当时并没有料到互联网化带来的数据挑战是什么。本想方便群众购票，却首先创造了不方便——上亿人同时查询、购买车票的行为让服务器迅速卡死。很多批评声音出现，认为程序员无能，认为换上电商工程师就能解决这个问题。

但真正关键的因素还是处理能力跟不上数据发展。有人专门比较了电商网站与12306网站。“双十一”时，淘宝等电商网站虽然也承接了海量人群的下单行为，但是这些单子被分布到数量巨大的商品上，彼此之间相关度很低，计算量也被服务器分摊了。火车票则不同，全国的班次就那么多，而火车票的抢购中，每一趟火车的千余个座位很可能面临数万甚至数十万人的抢购，火力极其集中。每发生一次购买行为，出票系统不但要分析该车次所有站点的数据，还要计算数十倍于

车次出票数的抢票顺序数据，并实时更新沿线车站的可售票数，可以说是牵一票而动全身。数据和计算量呈几何式增长，而且一切还都要在瞬间完成，即便不计成本地投入更多服务器也难以解决。这种难题是大电商也没有遇到过的，直到后来探索出新的计算架构和方法，才得以缓解。

BAT中最早面临大数据冲击的还有百度。“百度一下，你就知道”，全民搜索行为将海量数据发向百度服务器。日夜增长的网络信息也让百度内容爬虫疲于奔命。百度采用了预搜索和相关词搜索等方式缓解服务器遭遇的瞬时数据冲击问题。预搜索方式下，系统在搜索请求数量较低时（如凌晨）也在自动搜索并把搜索结果固化。在用户发送搜索请求时，系统就将已经整理好的结果推送过去，不需要服务器再把搜索任务跑一遍。相关词推荐也是利用系统相对空闲的时间以及功能架构清晰的数据库系统，对用户数据行为做相关性分析，比如当用户在搜索输入框输入TPP（跨太平洋伙伴关系协定）三个字母时，搜索框就会自动弹出下拉菜单提供搜索选择，比如：TPP是什么意思、TPP对中国的影响、TPP12个成员方、TPP协议等。当然，系统也会猜测少数用户表达的是“淘票票”的拼音缩写，也会列在非优先位置供用户选择。这些选项排列可谓善解人意，且能满足大多数人的需求。

在搜索结果页面下方，百度还提供了相关词搜索，比如美国新总统大笔一挥，签字退出前任费尽心机达成的TPP。这条新闻的相关搜索如图9-1所示。

相关搜索

美国退出tpp	tpp辅酶	7国拒绝在亚投行签字
特朗普说2分钟搞垮中国	tpp是什么意思啊	tpp对中国的影响
ttip	rcep	特朗普

图9-1 TPP相关词搜索结果

此外，搜索引擎还根据网友搜索热度排列出与TPP相关的热搜新闻，方便用户获取信息。

关于tpp，网友正在热搜

关注点	关注热度
tpp令澳大利亚左右为难	★★★★★
tpp后又来ttip	★★★★★
tpp如何影响日本经济	★★★★★
tpp生效有待时日	★★★★★
tpp协议将中国边缘化	★★★★☆

以上内容系根据网友搜索自动排序生成

图9-2 与TPP相关的热搜新闻

这些都是通过对大量用户搜索的统计做到的，从而大大优化搜索体验，提升搜索速度，缓解数据处理压力。

可以说，数据引发的问题千奇百怪。数据并非均质的比特，而是和各种特殊人类活动场景相关，使得数据处理面临各种挑战。但从根本上来看，还是珍妮机与飞梭的矛盾——硬件的所有进步都会立刻被计算量和数据量吃掉。虽然硬件能力发展速度也很快，以相同成本下每18~24个月翻一番的速率增长（也称为摩尔定律）[注]，而数据的发展速度远高于硬件，这是为什么？

数据世纪的“马尔萨斯陷阱”

人们都知道人口学的马尔萨斯假设——粮食生产呈算数增长，人口呈几何数增长。在单位亩产不可能有大突破的状况下，以粮食为主的生产资料只能依靠土地扩张，而在没有计划生育的情况下，家庭人口增长却是指数级别。于是人口很快到达天花板，人类遭遇粮食危机后陷入战争、饥荒、疾病等灾难，人口大幅度减少。工业革命、农业科技进步和人口管理缓解了马尔萨斯问题。今天这个类似危机又在虚拟世界里出现了。

大数据世界的马尔萨斯定律可以这样来描述:

人口以算数级数增长，数据以几何级数增长。

数据量以线性规律增加，计算量以非线性规律增长。

发达国家人口增加缓慢，有的甚至出现负增长。但世界所产生的数据始终在高速增长。这是因为数据赋能使所有人、所有人类活动都在产生数据，只要想记录，就有无数的数据可以“无中生有”。

很多电商网站早期只追求抢地盘、抢用户，重运营、轻数据，并不在意数据布局。举个例子，用户如果关闭了一个订单，过去电商系统并不记录这个行为，只会直接删除这个下单数据。但是后来发现记录和分析用户的失败交易数据也是有商业价值的，可以用于统计用户信用、喜好等，于是决定记录下来。每个行为都被记录，数据量就开始成倍增长。

数据的存储一直是一个大问题。据市场研究公司Forrester估计，每部智能手机1天产生的数据平均可达1G。全球智能手机用户数量保守估计达20多亿户，每天可产生20多亿G数据。如果用普通的1TB（1024G容量）硬盘存储，每天所需的硬盘数量就达200万块，1年就需要近8亿块硬盘。这已经远远超过全球硬盘生产商的产能。

更恐怖的是，产生数据的主要还不是人类活动。2014年，网站安全和内容分发公司Incapsula发布了一项统计数据：56%的网页浏览量都由爬虫机器人贡献。换句话说主要的互联网用户已经不是人类。大部分点击数据都是机器程序产生的。

Incapsula的数据源于全世界2万个每天至少有10个访问量的网站，它统计了90天的150亿次访问数据后计算得出这个结果。

非人类访问中，近一半来自善意机器人，如搜索引擎的内容爬虫，它们能够对网页建立索引，方便人们快速查找到对应的网页内容。百度和谷歌等就使用这种方法整理全世界的信息。另外超过一半的浏览量就来自恶意机器人了，比如盗取内容的爬虫、各种黑客工具、垃圾邮件等，而且比例还在不断增加，某种意义上，这就是互联网阴暗面的真实写照。这只是网页浏览领域的状况，在整个人类社会，随着信息化和物联网的快速发展，连接入网的所有硬件都在时刻生产数据，互相通信。发电机组上的检测芯片时刻侦测运行状况并把数据发回服务器，遍布城市的摄像头把监控数据上传指挥中心，家里的智能电视、冰箱等都在采集和上传数据……即便全人类都沉沉睡去，世界也依然在数据海洋中律动。



图9-3 2014年爬虫机器人贡献的网页浏览量占比

资料来源：www.incapsula.com

数据量以线性规律增加，计算量则相应地以非线性指数增加。数据要经过计算处理才能发挥价值，但随着数据量的增加，计算量会以更快速度增加，比如围棋格数不过是象棋的5倍而已，但是计算围棋要比计算象棋复杂亿万倍。对于电商和搜索引擎来说，即便对商品列表或者搜索结果进行排序，这个工作的计算量也会随着条数的增加，呈一条陡峭的曲线上升。

跨越数据陷阱

要跨越数据世纪的“马尔萨斯陷阱”，我们需要做三件事情：一是对并发的大量数据做出即时高效处理；二是高效存储数据并删除不需要的数据；三是对积存的数据资料进行深入挖掘。重点谈谈第一个。

对于第一点来说，最具有突破性的处理技术就是并行计算或分布式计算。庞大的数据计算任务分解开来，将每一小块任务分配给一台计算机。这些计算机分别运算完后将结果汇总就得到总计算成果。Hadoop和Spark就是代表性的技术。Hadoop的MapReduce（一种编程模型，用于大规模数据集的并行运算）功能可以将单个任务打碎，并将各个任务碎片（Map）发送到多个计算节点上，之后再以单个数据集的形式加载（Reduce）到数据库里。Hadoop能够在计算节点之间动态地移动数据，调节各个节点任务的动态平衡。这样做可以大量减少任务排队时间，将一般服务器的效率集合起来，而无须使用昂贵的超级计算机。这种技术最早在网页搜索中发挥作用，并很快成为分布式计算的平台。Spark技术可以看作对Hadoop技术的优化，把子任务中间的输出结果保存在内存中，从而无须频繁读取存储文件，加快了速度。

这种优化仍然是基于对硬件性能的调配，对数据的基本处理方式还是批处理。

批处理是旧时代的续命者，也是半新半旧时代的过渡者。在数据爆发时代来临之前，人们处理数据的方法一般是先存储下来再进行分析。对静态数据的高效分析主要依靠批处理命令来完成。数据流时代的来临逼着人们要迅速处理，最好是在数据事件发生的时候就立刻做完分析判断，尽早和尽快追求近似性结果，比如人流数据、电网运行状况数据等。批处理技术并不是被设计来应对数据洪流时代的，只能差强人意地应付一下大数据流。

数据洪流的产生与激增，必然召唤一种“流计算”方式，这就是数据领域的最新挑战和创新方向。“流计算”不是一种具体技术，而是一种态度和方法的总称。

不是所有的应用场景都需要即时计算，但越来越多的业务正在变成时间的艺术。理想情况下，事件发生时，产生的数据就应该被立即处理分析。比如手机业务计费状态中，打完一个电话就应该完成计费而不是等待日后某时再来计算话费；新闻网站和电商网站的用户画像也应该及时完成，同步指导机器进行信息推荐，而不是先存储用户行为数据，等到事后再来分析；很多工业机组的异常检测也是如此。但想要实现即时计算会遇到很多困难，比如数据的汇总、通信、计算等。

Hadoop和Spark都是“流计算”的先声，但还远不能应付需求。2014年时，卡内基梅隆大学教授、ICML2014程序主席邢波就指出，大数据处理平台的大量资源都浪费在集群的通信上。即使比较优秀的平台，计算时间也只有20%，而通信时间占80%，比如Hadoop的通信时间就占到了90%。(注)

“流计算”驱动了智能的发展。说到底，智能是一种时间性能力。如果任务时间无限，滴水也能穿石，那就无所谓智能了。人类要想办法用工具迅速穿石，这就是智慧。“流计算”代替旧时代的批处理传统，还是个任重道远的工作，科学家已经从硬件架构和算法优化上做出探索，本书在此不做详细讨论。

至于巨大数据的存储问题和数据挖掘问题，如果能即时处理数据，得到分析结果，很多数据就不必存储下来，只要留下日志，比如侦测系统是否正常运行。对于必须存储的数据，人类想出各种策略来解决。大多数用户在PC时代就频繁使用的压缩软件就是精简数据体积的代表方法。压缩软件都是基于算法的工具，对数据进行重新编码，得到编码后的压缩数据和解码“钥匙”，就可以随时通过钥匙复原数据。人们不断改进文件格式，比如视频文件体积越来越小却可以保持清晰度。人们也把大数据策略引入存储，比如有多人向云盘上传同样的文件，系统可以只保留两个备份，其他人上传的文件则变成虚拟文件，指向同一个备份，这样就大大节省了空间。

“思维”倒逼“生理”革命——硬件基础设施创新

数据与计算量的增加，要求整个信息基础设施都做出相应的变革。前文描述的所有数据处理方法都还是在旧的信息基础设施上展开的。但机器智能的发展已经要求机器大脑做出“生理”性变化。

绿色机体

人类的大脑重量只占体重的2%左右，但是消耗的能量却要占到全身消耗量的20%——每天消耗总氧气量的20%，消耗肝脏储存血糖的

75%。

在机器智能领域发生的事情也有类似之处。数据和算法都非实体，与物质、硬件相对，仿佛世界的“思维”。但运行这个“思维”需要庞大的物质资源和能源。在那些大型数据中心，除了层层叠叠的服务器外，还有大大小小的电源、环境控制设备、监控设备以及各种安全装置，像大脑这个器官一样昼夜运行。这个器官本身也消耗了大量的能源。

互联网是全天候无间断服务，服务器耗能巨大。据统计，2011年我国数据中心耗电量达700亿千瓦，占全社会耗电总量的1.5%，相当于天津市全年用电量。

2015年3月，中国工业和信息化部、国家机关事务管理局、国家能源局制定颁布了《国家绿色数据中心试点工作方案》，这个方案透露了几个数字：“随着信息化快速发展，全球数据中心建设步伐明显加快，总量已超过300万个，耗电量占全球总耗电量的比例为1.1％～1.5％，其高能耗问题已引起各国政府的高度重视……目前，美国数据中心平均电能使用效率（PUE=数据中心总设备能耗/工厂设备能耗）已达1.9，先进数据中心PUE已达到1.2以下……近年来，我国数据中心发展迅猛，总量已超过40万个，年耗电量超过全社会用电量的1.5%，其中大多数数据中心的PUE仍普遍大于2.2，与国际先进水平相比有较大差距，节能潜力巨大。国际上普遍通过应用节能、节水、低碳等技术产品以及先进管理方法建设绿色数据中心，实现能源效率最大化和环境影响最小化。美国政府实施了‘数据中心能源之星’‘联邦数据中心整合计划’，欧盟实施了‘数据中心能效行为准则’，国际绿色网络组织开展了数据中心节能标准制定和最佳实践推广，建立了绿色数据中心的推进机制，引导数据中心节能环保水平的提升。”

具体该怎样做呢?

给机房“降温”是一项需要不断创新的工作。大公司可以选择将数据中心放在靠近南北极的寒冷地区，这也使冰岛成为最近几年一些重大数据事件的重要地点，比如现实中的维基解密事件和电影《谍影重重》中的内容。也可以采取海水制冷或者空气制冷的方式，节约电能，保护环境。

太行山麓的山西阳泉市是一座历史悠久的古城。在阳泉以西200公里是1400年前唐高祖李渊兵发中原的大本营。阳泉东北大约50公里处的娘子关电厂，数年前孵育出了构建“宇宙社会学”的世界级科幻小说《三体》。阳泉是煤矿基地，空气污染不亚于北京，早已面临产业升级的问题。历史与未来的紧张感如同雾霾一般弥散于此地山川。

2015年百度云计算（阳泉）中心（以下简称阳泉云计算中心）在这里投入使用。建成后的数据中心存储量超过4000PB，可存储的信息量相当于20多万个中国国家图书馆的藏书总量；数据中心CPU总数高达70万个，CPU内核总数超过300万个；由于使用了高性能、低功耗服务器和多项适用中国环境及法规的科技来提升数据中心的整体能源效率，其PUE小于1.3。相当于每1.3度电进入机房，其中有1度电用于数据计算，0.3度电用于数据中心的散热等其他用途，在绿色节能方面达到亚洲一流水准。

秉承开放精神，百度联合腾讯、阿里巴巴、中国移动、中国电信等行业翘楚共同成立了中国首个硬件开源项目——天蝎计划。其宗旨是打造一个开放的技术标准，研发定制化的整机柜服务器解决方案，从而满足数据中心海量计算与存储需求，有效降低数据中心采购与部署成本。

2014年9月，天蝎计划整机柜服务器技术规范迭代升级到2.0版本，对空间利用、散热策略等有了更加精细的优化定义，模块、接口、协议均有了详细的标准化定义。基于该标准，在阳泉云计算中心，通过各类资源的整合设计，实现了两位数的功耗节约。互联网快

速迭代精神在这个计划中体现得淋漓尽致，全新的3.0规范更加强调模块化，同时规范的细节更加详细，可执行性更强。

2015年5月，阳泉云计算中心太阳能光伏发电项目成功并网发电。这是太阳能光伏发电技术在国内数据中心的首例应用，每年可减少107.76吨二氧化碳排放量，节能高达43％。

计算机架构革新

不过，节能减排办法是外部改变，好比用节能空调为发烧病人吹冷风，计算机更需要内部革新。正如批处理是旧时代的产物，现有的服务器和数据中心架构也是在旧时代的计算机技术架构上搭建起来的，半新半旧。

传统的计算机核心架构基于冯·诺依曼结构：数据存储和处理分离，计算逻辑呈线性分布。计算芯片执行指令代码，把结果存储到内存中，供下一个计算指令来调取，依次循环。这样的架构对于人类来说逻辑很清楚，但速度大受影响。而且在这样一种线性流程下，由于CPU可能执行任意指令，就需要有指令存储器、译码器、运算器、分支跳转处理器等共同工作，分配指令执行的先后顺序。控制指令流的逻辑复杂，难以有太多条独立的指令流，并行处理能力低下。

摩尔定律行将式微。目前计算机内存运行方面的提速仅为每年9％，硬盘性能的提速平均每年只有6％，计算机内存的运行速度只有CPU速度的几百分之一，成为瓶颈。数据存储吞吐的模式严重拖累了计算机性能。

早期就有人提出一种可自改变架构的计算机。以个人计算机为例，属于通用任务型，即便执行打字之类的简单任务，整个计算机系

统都在运作，资源浪费严重。而可自改变架构的计算机能针对复杂程度不同的任务，有节制地调用计算机不同部分，不会大事小事都倾巢而出。真正具有现实性的计算机革新方案在新科技发展中找到了方向。

一个方向是物理学的突破应用，比如令人神往的量子计算，利用量子物理学中的量子态叠加效应，创造性能百万倍于现在的计算机芯片。用光流代替电流传递数据和运算，也是提速的一个方向。另一个方向就是伴随脑科学和深度学习的兴起，有希望模仿人脑原理开发神经学芯片，其运行速度也将比现有的计算机快多个数量级。

人们从多条路径发起尝试。深度学习科学家利用GPU代替CPU组机器学习就是破天荒的一步。GPU使用SIMD（单指令多数据流）来让多个执行单元以同样的步调处理不同的数据，原本用于处理图像数据，但也特别适合处理深度学习任务经常面对的非线性离散数据。百度利用大规模的GPU集群，加以工程优化，开发出自己的GPU服务器，大大提升了硬件性能。但GPU毕竟也是建立在冯·诺依曼结构之上的。

FPGA芯片是当下热门的另一种发展尝试。它本是用于解决专用集成电路的一种方案。专用集成电路是为特定用户或特定电子系统制作的集成电路。以往数字集成电路因为其通用性和规模生产，使电子产品成本大幅度下降，但同时也产生了通用与专用的矛盾以及系统设计与电路制作脱节的问题。集成电路规模越大，组建系统时就越难以针对特殊要求加以改变。为解决这些问题，就出现了允许用户参与设计特征的专用集成电路，也就是FPGA。

复杂并行电路的设计思路被搬到了计算芯片上。FPGA计算芯片布满“逻辑单元阵列”，内部包括可配置逻辑模块、输入输出模块和内部连线三个部分。它们是既可实现组合逻辑功能又可实现时序逻辑功能的独立的基本逻辑单元模块，以硬件描述语言定义各自的逻辑和彼此

的关系。与冯·诺依曼结构不同，冯氏结构中内存有两种作用：一是保存中间计算结果，二是执行单元间通信。由于内存是共享的，当多个指令要求调用内存时，就需要做访问仲裁，依次调用；FPGA中的寄存器和片上内存（BRAM）各有自己的控制逻辑，无须多余的仲裁和缓存。FPGA每个逻辑单元与周围逻辑单元的连接关系由于可编程，可以预先确定，无须通过共享内存来通信。以并行运算为主，可以执行多指令流、多数据流，大大节约了计算时间。还可以针对不同的应用场景在硬件上做特别编程，灵活性高。

百度在2012年开始部署FPGA，是中国最先引进FPGA的公司，也是全球最先用FPGA做集群的公司之一。张亚勤说，一开始是CPU，后面加了GPU，基本上所有做人工智能的公司都用GPU。但是用FPGA也有好处，一个是整个架构的速度和效率提高了很多，另一个是GPU处理图像和语音数据比较好，但是也有很多别的通用计算用FPGA更快。因为FPGA可编程，可以很快改变架构，百度用的FPGA目前在GPU和CPU架构上面效率提高了5~6倍，而且不需要改变现有的架构，直接用FPGA就可以加速。

从计算角度看，网络的传输往往是最重要的瓶颈。百度在整个网络通信上投入了最先进的技术，使用100G的RDMA[注]，在GPU之间、FPGA之间通信。所以在集群之间，在数据库之间，数据可以快速无缝传输。

FGPA相当于用硬件来做软件的算法，在实现复杂算法方面有一定难度。目前是配合GPU、CPU架构一起工作。

既然概率计算是大数据和人工智能常用的数学方法，有人受此启发，提出概率芯片的概念。采用概率算法替代以往的微积分算法，牺牲一点计算精度，但是能极大提升计算速度并降低能耗，适合于无须追求极致精度的应用场合，比如物联网。

深度学习兴起之后，芯片科学家受到极大启发。目前最前沿的芯片革新还是来自以深度学习原理为基础的人工神经网络芯片的探索。Intel、IBM、NVIDIA（英伟达）等各大公司都纷纷为此打造自己的芯片发展方向。中国的寒武纪科技公司等推出的深度学习芯片已经具有国际领先水平。

人工神经网络是模仿生物神经网络的计算架构的总称，由若干人工神经元节点互连而成，神经元之间通过突触连接。这里，每个神经元其实是一个激励函数，突触则是记录神经元间联系的强弱权值。

神经网络是多层的，一个神经元（函数）的输入由与其相连的上一个神经元的输出以及连接突触权重共同决定。所谓训练神经网络，就是通过输入大量数据和监督，调整输出结果，这个过程就是不断自动调整神经元之间突触权重的过程，直到输出结果稳定正确。然后在输入新数据时，能够根据当前的突触权重计算出输出结果，这样就实现了神经网络对已有知识的“学习”。也就是说，神经网络中存储和处理是一体化的，中间计算结果就化身为突触的权重。

传统的处理器（包括x86和ARM芯片等）受制于冯·诺伊曼结构，在处理深度学习神经网络任务时效率低下，不仅存储和处理分离，而且其基本运算操作为算术操作（加减乘除）和逻辑操作（与或非），往往需要数百甚至上千条指令才能完成一个神经元的处理，因此AlphaGo才需要那么多块芯片（分布式版本有1202个CPU和176个GPU）。

为深度学习专门打造的芯片则不同，以寒武纪开发的DianNaoYu为例，指令集直接面对大规模神经元和突触的处理，一条指令即可完成一组神经元的处理，并对神经元和突触数据在芯片上的传输提供一系列专门的支持。在现有的工艺水平下，单核处理器平均性能超过主流CPU的100倍，但是面积和功耗仅为1/10，综合效能提升可达三个数量级。

当然，神经网络芯片只是在处理人工智能任务时相对于传统CPU有优势，适合认知图片、语音识别等领域，而像运行数据库、Office（办公软件）、微信等任务还是更适合传统芯片来处理，除非这类任务本身也发生了结构性的革命。

神经网络进化哲学

作为当下人工智能最基础方法的深度学习及神经网络技术，其自身的发展决定了人工智能的发展能力。这种模仿人脑机理的技术，也表现出类似生物进化的特点。

竞争还是合作？这是人类经常纠结的一对概念问题，但大自然的哲学并非如此。近年来，不同学者都提出所谓的共同进化的观念。黑脉金斑蝶（又叫帝王蝶）与植物马利筋的关系就是典型的例子。



图9-4 黑脉金斑蝶与马利筋
资料来源：http://www.wiworld.com.cn/Item/39660.aspx

马利筋的汁有毒，其花蕊的封闭构造使其难以通过风力传播花粉，但可以通过蜜汁吸引蝴蝶，通过蝴蝶来传粉。黑脉金斑蝶幼虫以马利筋的嫩茎叶为食，能将后者的毒素存在体内以防御敌人。如果蝴蝶幼虫过度吞噬茎叶，马利筋就会死亡，而有些马利筋变异出更封闭的结构，能阻碍蝴蝶进入。有些黑脉金斑蝶也在变异中强化了侵入马利筋花蕊的能力。于是二者在对抗中变得越来越难分难解，黑脉金斑蝶不吃别的植物，马利筋不欢迎别的昆虫，没有第三者能参与它们的游戏。病毒与反病毒软件、黑客与反黑客工作则是发生在互联网上的另一个共同进化的例子。如今机器学习已经被运用于网络安全，相比过去基于设定特征的防火墙，效率大大提高。所谓共同进化就是：不是你死我活，也不是一团和气，而是在对抗中一起升级。

人工智能也处于一种共同进化的过程中。在万千变化的神经网络里，这种过程得到惟妙惟肖的展现。以下介绍两种新的神经网络的思想。

对抗生成网络

有监督的深度学习就是输入的数据有语义标签，输出的结果由人类标识对错。但很多科学家认为无监督学习才是未来的发展方向，让机器自己从原始数据中发现规律。已经有很多不同的方法，强化学习是其中一个方向，对抗生成网络则是已经在运用的事物。

对抗生成网络的发明者Ian Goodfellow（伊恩·古德费洛）是Yoshua Bengio（伊舒·本西奥）的学生，现在马斯克建立的OpenAI实验室工作。著名的深度学习专家Yann Le Cun对对抗生成网络大加赞赏。这种网络非常能体现“进化”的纠缠演进特性。

对抗生成网络的发明，首先是因为Christian Szegedy（克里斯坦·赛格德）等人在ICLR2014（国际学习表征会议）发表的论文中提出了深度学习对抗样本（Adversarial Examples）的概念，即在输入的数据集中故意添加细微的干扰，形成输入样本，导致深度神经网络得出错误的输出。这个错误在人类看来一目了然，但是机器却一再跌入陷阱。注

Ian Goodfellow，Jonathon Shlens（乔纳森·舍琳）和Christian Szegedy在论文《Explaining and Harnessing Adversarial Examples》中给出了一个典型：

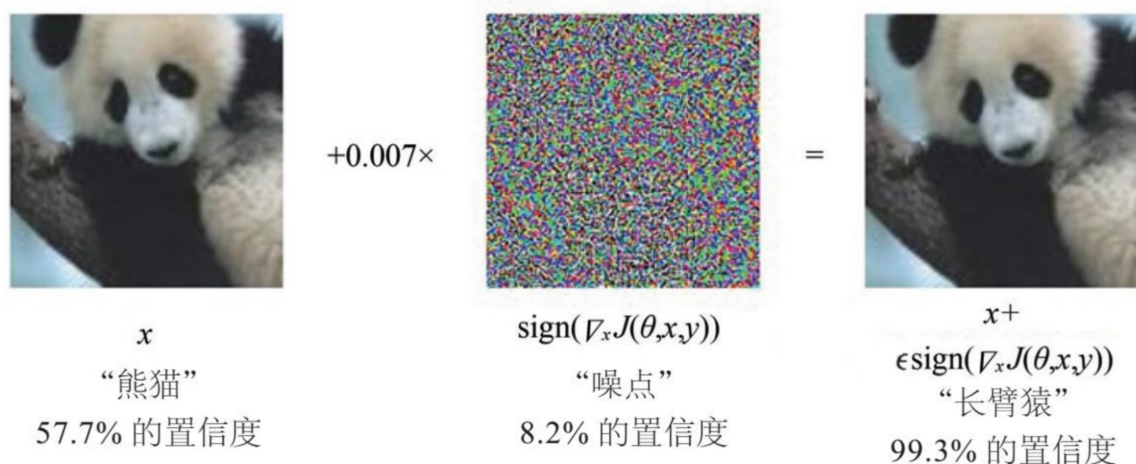


图9-5 深度学习对抗样本

资料来源：https://arxiv.org/pdf/1412.6572v3.pdf

在第一张图中，原始图像是熊猫，神经网络以57.7%的置信度判断为“熊猫”。

然后人类给图片加入微小的干扰，也就是第二张图所示的噪点。使用32位浮点值来执行修改，不会影响图像的8位表示。

最终得到第三张图。人眼完全看不出差别，但此时神经网络却诡异地以99.3%的置信度判断此图为长臂猿。

因为对抗性样本导致识别错误，有人将其当作深度学习的深度缺陷（Deep Learning’s Deep Flaws）。可是加州大学圣地亚哥分校的Zachary Chase Lipton（扎卡里·柴斯·立顿）在KDNuggets（美国一个大数据媒体）上发表文章，标题针锋相对，叫作（Deep Learning’s Deep Flaws）’s Deep Flaws，即《〈深度学习的深度缺陷〉一文的深度缺陷》(注)。该文认为深度学习对于对抗性样本的脆弱性并不是深度学习所独有的，在很多机器学习模型中普遍存在，进一步研究抵抗对抗性样本的算法将有利于整个机器学习领域的进步。

科学家抓住了“进化”的脆弱性本质，将错就错，把对抗看作一种训练办法，变阻碍为动力，艰难提升。大自然的进化本身就是高度脆弱的，无数生物“程序”被大自然淘汰，因为它们“出错”了。错误，就是进化的终极工具。而智慧就是在这个方生方死的过程中艰难升起。

对抗生成网络即人类对神经网络进行了特别设计，让其主动产生干扰数据来训练网络的能力。简单地说，对抗生成网络由两部分组成，一个是生成器（generator），另一个是鉴定器（discriminator）。生成器好比是一个卖假货的奸商，但是制造的山寨品高度仿真，而鉴定器好比高超的买家，需要鉴别货品真假。奸商的职责是想方设法欺骗买家（生成对抗性样本），后者则通过这种历练不断吸取教训，减少受骗概率。双方都在不断努力以达到目的，同时在彼此的“监督”下提升。看上去仿佛军事演习中的蓝军与红军展开激烈对抗，由此强化双方战斗能力，但没有硝烟。

这又是一个“共同进化”的例子，是进化的深刻哲学，不是战争，而是纠缠，是“在持久的摇摇欲坠中保持平衡”。

就对抗生成网络来说，我们要的是这个成熟的买家，还是那个高超的奸商呢？答案是都需要。二者是共同进化的必然要素。

奸商模型有什么用处？在很多情况下，我们会面临缺乏数据的情况，但可以通过生成模型来补足。制造样本，产生类似监督学习的效果，但实际上是非监督学习。

来自英国谢菲尔德大学的Wei Li（李伟）、Roderich Groß（罗德里赫·格鲁）和美国哈佛大学的Melvin Gauci（梅尔文·高斯）一起，基于对抗生成网络，开发了一种新的图灵学习方法，用于研究群体行为。[注]比如一群鱼中混进一些模仿鱼运动的假鱼，如何判断模仿行为的逼真度呢？使用传统的特征归纳法来区分是很难的，同一群鱼每次表现出的运动特征也不一定相似。这个团队决定让机器通过互相模仿

自动建立群体模型，让机器自主推断自然物与模仿物的行为。该深度学习同时优化两种群体计算机程序，一个代表模型的行为，另一个代表分类器。该模型可以模仿监督学习下的行为，也可以辨别系统和其他模型之间的行为。

具体来说，他们建立了三种机器人群体，第一种是被模仿对象，按照事先指定的规则进行复杂运动；第二种是模仿者，混入到第一组机器人中，尽力学习和模仿第一组的行为，尽力欺骗鉴定者；第三种是鉴定者，它的任务就是区分那些运动中的群体里谁是模仿者，谁是被模仿者。随着鉴定者能力的提高，模仿者的模仿行为也会越来越逼近被模仿者。于是，我们便可以利用训练好的模仿者搭建一个逼真的多主体模型，来对被模仿者群体进行模拟。这种模型就可以用于研究集体运动，比如可以根据摄像头记录的节假日热门景点的人群运动来训练出一个模型，强化对人群运动趋势的预测，对可能发生的拥堵踩踏事故发出预警。

机器的进化迭代过程比大自然快亿万倍。在这种对抗生成中，机器习得的逻辑已经远远超出人类的理解，可能成为一种“黑箱”。是追求“黑箱”，还是追求“白箱”，如何避免“黑箱”带来的不可知危险，这是对人类的一个挑战。

对偶网络

对偶网络仿佛对抗网络的一种镜像。

目前多数神经网络的训练依赖有标签的数据，即监督学习。而给数据标注标签是一项繁重的工作。据报道，谷歌的开源图片数据库Google Open Image Datasets中含有900万张图片，YouTube-8M中包含了800万段被标记的视频，而ImageNet作为最早的图片数据集，目前已

有超过1400万张被分类的图片。这些精心标记的数据，大部分是由亚马逊劳务外包平台Amazon Mechanical Turk上5万名员工花费两年时间完成的。注

如何让机器在缺少标注数据的条件下工作，是未来人工智能的发展方向。2016年，微软亚洲研究院的秦涛博士等人在向NIPS（神经信息处理系统大会）2016提交的论文中提出了一种新的机器学习范式——对偶学习。大致思想是：

很多人工智能的应用涉及两个互为对偶的任务，例如从中文到英文的翻译和从英文到中文的翻译就互为对偶、语音处理中语音识别和语音合成互为对偶、图像理解中基于图像生成文本和基于文本生成图像互为对偶、问答系统中回答问题和生成问题互为对偶、在搜索引擎中给检索词查找相关的网页和给网页生成关键词互为对偶。这些互为对偶的人工智能任务可以形成一个闭环，使在从没有标注的数据中进行学习成为可能。对偶学习最关键的一点在于，给定一个原始任务模型，其对偶任务的模型可以给其提供反馈；同样的，给定一个对偶任务的模型，其原始任务的模型也可以给该对偶任务的模型提供反馈。从而这两个互为对偶的任务可以相互提供反馈，相互学习、相互提高。注

对偶网络利用这样一种精妙策略大大减少了对标注数据的依赖，我们从中可以再次洞见某种进化的哲学：进化是一种自我应答和自我循环的过程，从A到B，从B到A，互为镜像，但镜子并不清晰，各自掌握一半的秘密，没有仲裁，却可以在彼此猜测、参照中摇摇晃晃地前行。

深度学习的新边疆

以上两种神经网络方法只是不断涌现的新方法的典型代表。在深度神经网络方法之外，科学家也在积极探索其他路径。南京大学著名的机器学习专家周志华教授在2017年2月28日发布的一篇论文中，就与联合作者冯霁一起提出了一种创造性的算法，可以形象地称为“深度森林”（gcForest）算法。顾名思义，相对于深度学习强调神经网络的层数，这种算法重新利用了传统的“决策树”算法，但是强调“树”的层次。多层决策树的联合就形成了“森林”，通过精巧的算法设置，在数据规模和计算资源都比较小的情况下，在图像、声音、情感识别等应用上，都取得了不输于深度神经网络的成绩。这种新方法对参数设置不敏感，而且因为基于逻辑清晰的“树”方法，可能比深度神经网络更容易进行理论分析，从而避免人类难以理解机器具体运作逻辑上的“黑箱”问题。

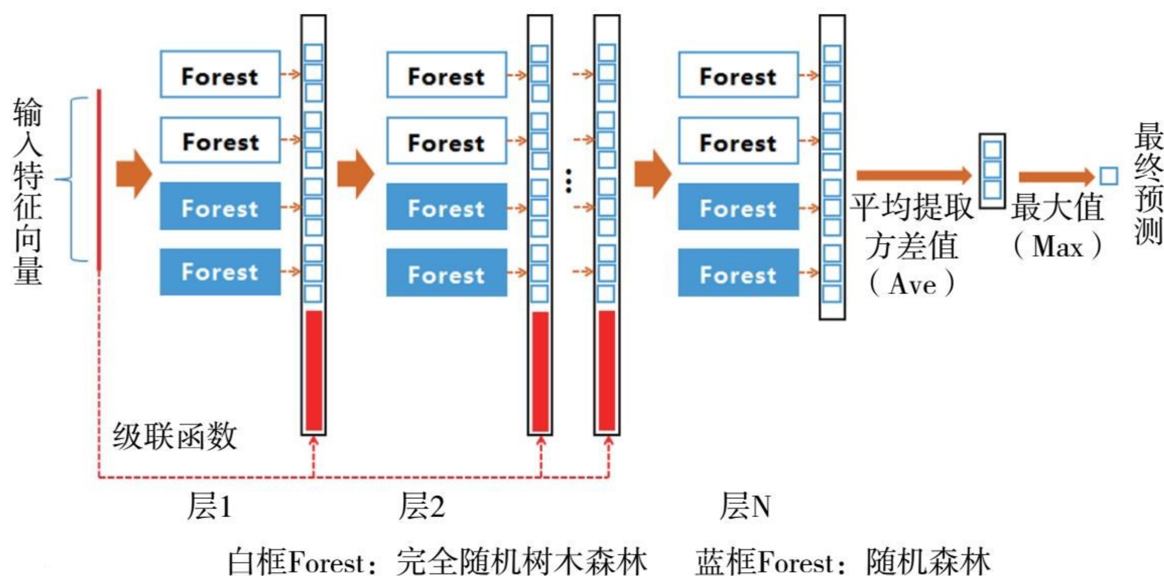


图9-6 多粒度级联森林结构

资料来源：https://arxiv.org/pdf/1702.08835.pdf

表9-1 在人脸识别上的精确比较

	一张图	五张图	九张图
多粒度级联森林	63.06%	94.25%	98.30%
随机森林	61.70%	91.20%	97.00%
深度神经网络（卷积神经网络）	3.30%	86.50%	92.50%
基于 RBF 核函数的支持向量机	57.90%	78.95%	82.50%
K 最近邻算法	19.40%	77.60%	90.50%

表9-2 在GTZAN数据库中的测试精确度比较

多粒度级联森林	65.67%
卷积神经网络	59.20%
多层神经网络	58.00%
随机森林	50.33%
逻辑回归	50.00%
基于 RBF 核函数的支持向量机	18.33%

资料来源：https://arxiv.org/pdf/1702.08835.pdf

据智库“新智元”向周志华教授了解，“深度森林”的方法论意义在于探索深度神经网络以外的算法可能。深度神经网络的有效运作，需要巨大的数据和计算能力，深度森林有可能提供新的选择。当然，深度森林依然向深度神经网络借鉴了关键思想，比如对特征的提取和构建模型的能力。所以，它依然是深度学习的一个新颖分支。

中国科学家在人工智能研究方面有很多世界领先的成果。我们认为，自信心与开放心态将是促进科学进步的重要动力。

如今，各大研究人工智能的科技公司都提倡共享算法代码。其中以谷歌的Tensorflow深度学习开源平台影响最广。但是很多深度学习科学家认为，从生态的角度考虑，应该有多个深度学习代码平台平行竞

争才会有利于繁荣发展和平衡，不可垄为一尊。除了Caffe和Mxnet等深度学习开源平台外，百度在2016年9月开放了全新的PaddlePaddle深度学习开源平台，采用新架构，对序列输入、稀疏输入和大规模数据的模型训练有着良好的支持，同时支持GPU运算，支持数据并行和模型并行，仅需少量代码就能训练深度学习模型，大大降低了用户使用深度学习技术的成本。多元的共享平台支持机器学习工作者从不同角度训练和创造种种应用，仿佛生物多样性一样有助于人工智能的提升。

归根结底，即便在遥远的未来，人工智能真的能够强大到统治世界，那在这之前，所有的挑战也都是人类自身智慧的挑战。人工智能科学家身上闪烁的智慧之光，为后来者照亮了方向。即使非人工智能从业者，想必也能从中得到很多策略启发。

2017年初，AlphaGo的变身Master横扫中韩围棋顶级高手，一时间人们分化为悲观派、降临派、冷静派、脑洞派……我们希望有更多人是默默学习派。

---

1. 摩尔定律是由英特尔（Intel）创始人之一戈登·摩尔（Gordon Moore）提出来的。其内容为：当价格不变时，集成电路上可容纳的元器件的数目，约每隔18~24个月便会增加一倍，性能也将提升一倍。
2. http://tech.china.com/news/company/domestic/11066129/20141213/19102201.html.
3. RDMA通过网络把数据从一个系统快速移动到远程系统存储器中，而不对操作系统造成影响，这样就不需要用到多少计算机的处理功能。它消除了外部存储器复制和文本交换操作，因而能解放内存带宽和CPU周期，改进应用系统性能。
4. https://arxiv.org/pdf/1412.6572v3.pdf .
5. http://www.kdnuggets.com/2015/01/deep-learning-flaws-universal-machinelearning.html.
6. https://arxiv.org/pdf/1603.04904v2.pdf.
7. 雷锋网：www.leiphone.com/news/201612/1KhB2H10bMc2a8hu.html.
8. http://www.msra.cn/zh-cn/news/blogs/2016/12/dual-learning-20161207.aspx.

10

遇见智能时代的你

2017年1月6日，机器人小度第一次登上《最强大脑》电视节目挑战人类。

那一天小度自己收割了全场观众最多的惊叹，它居然能够根据一张儿童照片，就从人群里找出了已经成年的少女，还有她的双胞胎姐姐。



图10-1 机器人小度在《最强大脑》电视节目上

小度很萌，不过也让人类选手和电视机前的观众都不得不认真思考这样一个问题：当机器智慧真的超越人类，将会把我们的生活引向何方？

仔细打量周围，你会发现人工智能早已走入人类日常生活，无处不在。它只是偶尔来下棋，偶尔和我们进行脑力竞赛，更多时候它是保姆、教师、管家、助手、司机、医生……不妨来一场“盗梦空间”，让我们遇见未来世界的你：

在一个平静的午后，你在家里刚结束了一场立体投影工作会议。走出房间，看到新来的儿童伴侣机器人正在辅导儿子学习数学乘法表。妻子端着来自智能果园种植和采摘的新鲜水果进来。儿子跑上去抱住妈妈，吵着要看一部刚上映的动画电影。小家伙消息怎么这么灵通？一查看智能电视，发现已经调成“儿子”角色模式的电视果然向他推送了这部动画上映的消息。

拗不过儿子撒娇，答应让他看这部影片。但是你没有像往常一样购买家庭影院版本，因为动画片的名字《再见天空之城》勾起了你童年的回忆，那是一部讨论人与机器关系的日本电影，现在又出新系列了。你决定带一家人一起去电影院观看。

在机器人无所不在的时代，你觉得像电影院这样可以与别人接触的场所，对孩子成长也是必要的。有意思的是，虽然如今家庭影院如此方便普及，但城市中的影院数量并没有减少，生意反而好起来。可能在智能时代，人类的怀旧心理被唤醒了吧。你想去小时候常去的那家电影院，在城市的另一头。你用语音唤醒了家中无处不在的度秘系统，度秘告诉你那家电影院还在，帮你挑选了合适的场次，计算了路线，并召唤了无人车。

无人车已经知道你们此行的目的地，车载屏幕上正播放昔日经典《天空之城》注的片段，而不是播放新片导演访谈，这显然是优先照顾了小朋友的兴趣。你通过语音唤醒了屏幕，连接到自己的手机，准备处理几封邮件。这时视频电话打了进来，是妻子好朋友一家打过来的。原来家里的人工智能管家告诉妻子有哪些朋友也对这部电影感兴趣，于是她在出发前向几位闺蜜发出了同去看电影的广播，有一家人响应了。他们说已经到了，并且买好了票。

电影院里保留了过去样式的装潢，只是不再需要3D眼镜，裸眼3D技术已经成熟，观影效果既逼真又舒适。据说剧场里的传感器会记录

每个用户观影过程中的情绪反应，再结合剧本情节进行分析，即时生成一部消费者报告，反馈给电影主创团队和发行公司。

看完电影，两家人的智能助手已经各自推荐了附近的饭店以供聚餐，最后由人类决定到底去哪家。席间把酒言欢自不待言。回家的路上，无人车人工智能语音响起来，表示想和各位聊一聊这部电影。儿子很开心地答应了。人工智能问儿子是否喜欢这部电影，最喜欢哪个角色，愿意给电影打几分。还挺懂事地问你的爸爸妈妈愿意打几分呢？你知道这实际上是接入了一套智能影评系统，谈话内容会被整理提炼，供制片方参考。你也可以看见别人同意分享的观影对话。你希望人工智能有更高级、更纯粹的对话，比如问问孩子希望利用机器人做什么。于是你问人工智能："可以帮助我统治世界吗？"人工智能回答："我是来服务世界，而不是统治世界的。"

不管怎么说，人工智能让世界变得更好而不是更坏。大部分人因为有了智能助理而更加关注健康、生活、学习。你的孩子将成为智能时代的新人类。

智能时代的衣食住行

2016年初，扎克伯格宣布当年要打造一款人工智能管家，到年末，他在自己的脸书上传了一段视频来展示成果。

短短几分钟的视频内容中，扎克伯格都在与这款他花了100多个小时亲自开发的智能系统语音对话。仅从视频中的表现来说，这位智能管家只是完成类似点歌、调灯光、访客人脸识别等功能。扎克伯格却给这款系统取了一个如雷贯耳的名字——贾维斯，正是《钢铁侠》里那个存在感极强的智能系统的名字。

在盛大的2017年CES展会上，因为实用效果而荣获大奖的智能管家，却是基于百度DuerOS的“小鱼在家”。

“小鱼在家”可以支持手机、电视、音箱、汽车、机器人等多种硬件设备，同时支持第三方开发者的接入。DuerOS拥有百度语音识别与自然语言处理技术，还可以通过云端大脑不断学习进化。用户只要喊“小鱼小鱼”，就能唤醒它，然后就可以指挥它播放音乐、播报新闻、搜索图片、查找信息、设闹钟、叫外卖、闲聊天等；还可以唤醒多方视频通话、语音留言。

这些技术都不算十分新鲜，实现的却都是普通人曾经想象过的功能。

假设你有了自己的“小鱼在家”，首先会对它说什么？可能是类似“打开电视”“打开厨房灯”这样的指令。基于深度学习的人工智能可以通过训练，逐渐理解话语深层的关联性，未来智能家居可以只需一句简单的话就能理解主人心中复杂的需求。

比如当你说“我要上床躺着”，它就可以做到锁上大门、关闭除了卧室以外的电灯、打开卧室空调等；更加亲切一点的场景是：半夜小朋友起床想上厕所，迷迷糊糊的他只需要喊一声“尿尿”，卧室和厕所的夜灯就会自动开启，马桶也会启动自动冲水模式，不必吵醒劳累一天的父母。

智能家居系统不仅通过“学习”了解家庭的起居规律，还通过千万家庭的大数据和深度学习，成了育儿专家、工作助手、老人看护专家等。比如它会对婴儿的睡眠时间提出建议，会根据流感发病现状提醒预防，也可以提醒老人附近有什么可以跳广场舞的地方。人性化的智能家居，不仅让未来生活更舒适，还连接了人与世界。



图10-2 搭载DuerOs的“小鱼在家”

除了智能家居，同人们关系最为密切的就是“吃”了。当美味佳肴还生长于土地中时，人工智能对粮食的改善已从“根”上做起。

2016年美国《连线》杂志发表了一篇长文，详细介绍人工智能如何改造现代农业：依靠图像识别技术，农民将可以及时鉴别出有疾病的农作物，不会再遇到大片庄稼病死的情况；农业机器人则可以彻底改革农业劳作，一种名为LettuceBot的农业机器人外形与拖拉机并无区别，却可以每分钟扫描5000多株幼苗，自动区分出杂草并进行清除，最终能减少除草剂90%的使用量；还有与种植息息相关的天气问题，科学家已经将卫星图片纳入深度学习的训练对象，未来一个农民每天早上打开App，就能查询到自己土地上详细的气候状况，甚至精确到公里。

在荷兰已经建成了智能化无人饲喂奶牛场，整个牧场依托人工智能系统运作，不管是分配饲料还是挤奶全都交由机器完成。



图10-3 加州初创公司Blue River开发出来的机器人LettuceBot

资料来源：https://www.therobotreport.com/news/ag-in-transition-from-precision- ag-to-full-autonomy

这一切都将让未来的农产品更清洁，生产效率更高。不远的将来，超市里包装上贴着“智能农场出品”标签的商品才可能被顾客认作“放心菜”和“放心肉”。

手握美妙的食材，还需要良好的厨艺。我们一直说人工智能会替代人类的机械性劳作，但烹饪却不是简单的流水线生产。中国五湖四海完全不同的菜系文化，还有每个人舌尖上的记忆，意味着下厨是一件关乎情调的事情。

技术的主要目的从来不是“替代”，而是“支持”。对许多人来说，烹饪过程本身就是一种乐趣，这样的乐趣会得到人工智能的加持。人

工智能系统不仅会帮助使用者完成一些简单操作，比如敲鸡蛋、加水、加面粉，让人类厨师可以把精力和时间集中在口味的打造上。还可以通过深度学习技术学习用户的操作习惯、口味特征，学会打造“外婆家”的菜肴。还能通过数据分享，把自家美味配方推送到更多人的烹饪系统中，那时候，烹饪系统就会像今天基于兴趣推荐资讯的新闻客户端一样，基于用户口味推荐和分享菜肴。

“下馆子”的乐趣也会被改变。用智能手机选餐厅、点菜已经不稀奇，遇到让人垂涎但是没见过的菜品，还可以拍一张照片——度秘会帮你识别菜名、口味、材料和营养成分。一些热衷于研究朋友圈里美食图片的女性用户，可能会在未来损失一点乐趣，因为菜品的“神秘感”不多了。

在娱乐领域，最理解用户心理的电影、游戏公司不会嗅不到人工智能带来的商机。游戏玩家很快也会和人工智能交上手。人们早就在游戏里和人工智能对战过，但以往所有游戏中的“人工智能”都还是典型的符号智能：根据人类设定好的符号程序运行。这样的“人工智能”很快会被灵活的玩家找到漏洞，轻松碾压。

现在的玩家在游戏里形容对手水平差时，往往会说“打你就像打电脑一样”。但这个比喻在未来恐怕会变成一种称赞——谷歌已经开始训练人工智能操作《星际争霸2》，并确认将会挑战职业电竞选手。在游戏中人工智能也将受到与人类相似的条件限制，玩起游戏来会“更像人类玩家”，甚至会让人类分不清屏幕另一边究竟是真人还是人工智能。

成熟的人工智能会向沉迷于游戏的你发出提醒：过度缺乏运动，健康指标又下降了。智能时代的新生活不该仅仅是盯着屏幕，人工智能也不应该将用户完全留在家中。在未来出行中，人们只需要带上一部手机，就可以有人工智能相伴。人工智能将会让喜爱旅行的人更加尽兴，让原本对旅行兴趣寥寥的人体会到新的乐趣。

让度秘来完成订票、订房，为你规划好路线，这些只是形而下的事情。在精神层面上，人工智能也会改写“旅行的意义”。

机器甚至是可以解风月的。百度深度学习实验室正在开发的AR（虚拟现实）技术，可以让手机向你诉说这朵花儿的花语，那只鸟儿的名字；挖掘这方山川的传说，诠释那方古人的隽语。面对转瞬即逝的美景，它可以帮你捕捉最清晰的日落时分，稍纵即逝的惊涛骇浪。结合地图工具，还可以在你到达的每个地点，推送他人的攻略和心得体会。

无所不在的人工智能翻译官让你拥有与外国人对话的能力。当彼此用陌生的语言交谈时，人工智能仿佛就在一旁耳语。

不仅连通陌生的语言，还能连通光明与黑暗。植入手机或者可穿戴设备的助残机器人，可以利用视觉和语音技术帮助盲人识别纸币的面值和真假，提示周围的环境。我们已经可以构想未来的机器导盲犬。

甚至我们可以畅想“下一代地图计划”，用无人机配合传统方式采集更立体的地图信息，利用3D重建技术全方位还原真实世界。AR导航将让你如同拥有“透视眼”，下一站无论是商店、机场、医院，都变得一览无余。图像识别技术使地图信息每时每刻都在更新，在你迈出每一步前都已预知前方道路和场景。虚拟现实使得人类不仅可以穿透语言的障碍和光线的阻挡，还可以像《黑客帝国》一样穿行于梦境和现实。

当下的人工智能服务还远称不上完美，但大目标无可争议，只是到达的道路个个不同。要享有未来的生活主动权，就要有这些方面的准备。有人担心未来社会人工智能的福利只属于少数具备知识的人，但我们希望更多的人能分享智能社会的红利和便利。

别输在人工智能起跑线上

2016年4月，中国作家郝景芳凭借科幻小说《北京折叠》获得雨果奖，这也是继刘慈欣的《三体》后，中国人再次摘得这一科幻界的“奥斯卡”。

在面对“未来已来”的人工智能时，郝景芳有自己的观点：“未来的人类社会分工会更加明确，标准化的生产由人工智能完成，人类则负责那些创造性和情感性的工作，同时未来社会的组织也会更加灵活。其中最关键的一点是在人工智能主导的社会中，现在的教育模式已经无法适应变化，如果不进行改革，我们很难面对未来的人工智能时代。”

这番发言是郝景芳在“2016年度科技风云榜”颁奖盛典上说出的。如果年轻的父母在阅读郝景芳的发言时，只是期望自己的儿女能拥有像她一样的人生轨迹，而忽略了她关于教育所做出的忠告，也许就会错失调整自家教育方式的机会。

为了下一代付出多少都愿意的中国家长，对子女教育问题常感到焦灼。在很多父母眼中，好学校就等同于好教育。但是满眼盯着师资、升学率的家长，是否意识到“好学校”的标准在智能时代将会发生改变?

人工智能正在接入学校的“教”“学”“管”等各个环节。

互联网与AR技术可以让师生跨时空互动。教学场景超越了传统课堂。在虚拟空间和在线教育里，学生更平等，时间调度更灵活。学生可以在课前更好地预习，更方便地分组学习，老师也可以更灵活地调整进度和因材施教。

智能教育系统可以自动记录每个学生容易做错的题目或者进度缓慢的环节，再据此向学生匹配专项辅导资源。学生学过的教程、做过的作业、阅读过的材料不仅存放在他的个人资料空间里，而且变成丰富的标签，描述出学生的学习曲线和风格。机器秘书可以根据标签向学生和老师精准推送教学建议和资源，改变以往的填鸭式教学方式。所有学生的学习记录和反馈被人工智能综合起来，互相参照、优化、聚合与分发，在个性化的同时彼此激发，提升总体水平，彻底升级"教学相长"的含义。

老师是学校里最辛苦的人。智能系统将会极大减轻他们的负担，让他们把精力从机械的工作中解放出来，用于个性化的创新教学。比如，基于自然语言处理技术的人工智能系统在经过海量数据的训练之后，可以秒批作业，不只是英文作文，甚至能批改汉语作文。基于语音识别技术的人工智能系统则可以带领学生朗读英语并矫正口语。除了作业，试卷批改也已经投入应用。

人工智能系统批改作业具有深层次教育影响。对学生来说，教育研究早就告诉我们，人的记忆具有规律，在学习后的最初一段时间遗忘最快，之后趋于平稳。人工智能系统可以帮助教师更快给学生反馈，以免学生因为等待而懈怠。

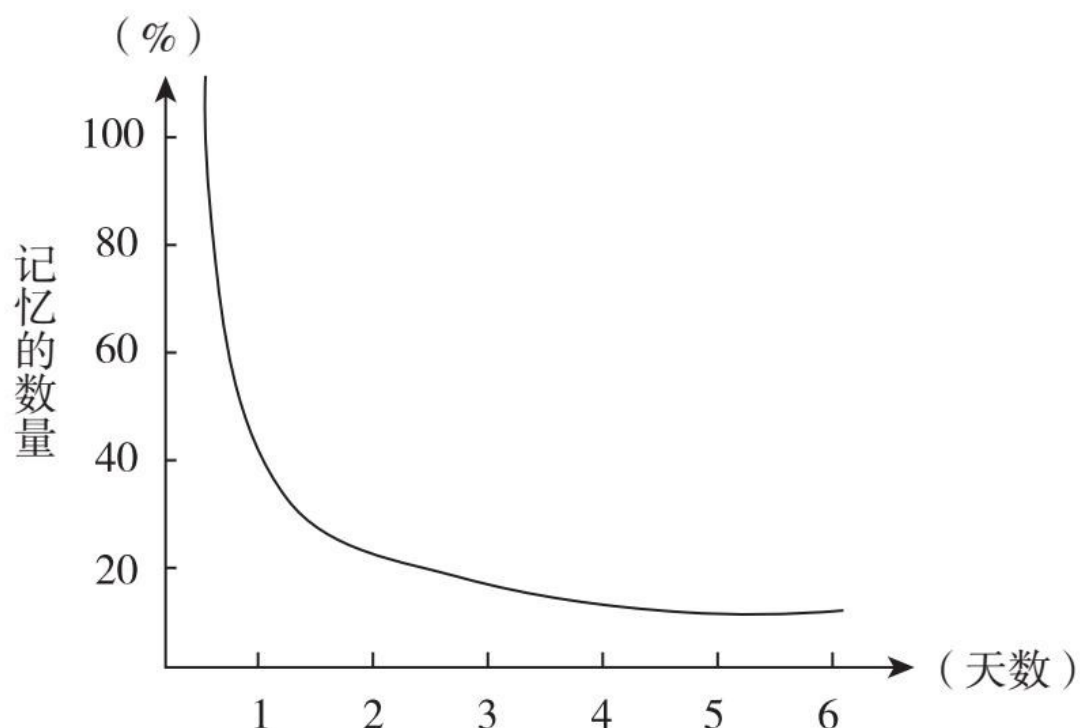


图10-4 艾宾浩斯记忆曲线

对于教师来说，除了减轻负担，还可以通过作业数据统揽全局，把握方向，真正成为一位教育指挥家和艺术家。

机器人已经在尝试参加高考。这并不是说真要送一个机器人去上大学，而是训练出能够完美应对考试的机器人，再反过来培育考生。如今，高考填报志愿也可以让度秘来帮忙了。很多普通家庭因为缺乏对高校的了解，往往不知道选择什么学校。度秘不仅可以查询分数，还可以根据往年报考的大数据状况、学生评价数据等提供报考建议。

人工智能应用在全世界不平衡地发展着，大胆采用人工智能辅助教学的学校还是少数，但步伐很快。据统计，全国重点中学里已经有近半学校采用了智能教育系统，活跃用户过半，教学效率提升20%以上。未来所有学校可能都需要一位人工智能“老师”，正如所有企业都需要一位首席人工智能官。落后者将无力进入智能时代的前列。所

以，为择校绞尽脑汁的家长，不妨也放眼未来，从人工智能的指标上去做出选择。

现在市面上儿童教育类机器人产品已经非常多。有的可以为儿童讲故事，有的可以与儿童交流英语，有的还可以选择角度给儿童拍照发送给家人，有的甚至可以带领儿童阅读纸质图书。它们外形、大小各异，接入的智能流技术也各不相同。

选学校、挑玩具的背后，是父母的思维方式在新时代需要主动改变。

想象一下我们与孩子之间的代沟会发生怎样的变化？数字鸿沟会不会也变成代沟的一部分？就如同成长于“互联网思维”之下的80后、90后与自己父母之间的代沟一样。

孩子们对人工智能的接受比我们想象得更快。越来越多的小学开设了编程课程，越来越多的小朋友很早就开始接触计算机、智能手机。游戏、网络中也充斥着各种智能技术的身影。

美国电视台做过一个针对10多岁孩子的采访，发现很多美国儿童不清楚Windows这种操作系统怎么使用，但操作智能手机却十分熟练。微软如今这么重视人工智能，将发展人工智能技术作为全公司的重要战略，投入巨大资源研发微软小冰，新一代用户思维转变所带来的危机感就是其中一个重要因素。

百度也被新生代的变化所触动。度秘的负责人景鲲则如此描述将在人工智能环境下成长起来的新一代：“百度做人工智能，做度秘，我们自己发现并不是在教用户怎么用，反而是顺着用户来引导我们做产品。而孩子在表达自己需求这一点上又是最无所顾忌、最没有束缚的。孩子的要求天马行空，但是他们在心智和身体上还有很大不足，大多数时候需要大人来帮他们完成目标，所以他们的需求一直是受限

制的。而人工智能则只需要一句话、一个简单操作就能理解他们的需求，这可以降低他们达成目标的门槛，释放他们的需要。所以当他们发现了永远不会厌烦提问的语音对话系统时，自然而然地学会了用这种新的方式来获取信息。”

人工智能如同普罗米修斯带来的礼物，既可能是启蒙的火种，也可能是伤人的烈焰，只有掌握它，才能发挥积极的作用。

我们要建设的是新生活的高速列车，要努力搭载更多的人，而不是修建电影《2012》里的方舟，只允许少数人享有。当人工智能在技术上超维进化，我们希望数字鸿沟也能够被缩小。人工智能必须是开放的，根植于网络空间，打破空间与时间的隔阂，让每一个人只要努力，就可以或多或少地接入智能流。

智能社会还有更多机遇与挑战在前方等待着我们的下一代。当他们走出学校，寻找工作岗位，面临的又会是怎样的场景？当机器人开始大规模接手人类的简单机械工作，新人类又如何驾驭新的未来？

工作着是美丽的，智能时代更是如此

走出象牙塔求职是又一个新的人生门槛。毕业生最害怕的不是低工资，不是辛苦，甚至不是找不到工作，而是发现自己所学的东西一无所用。人工智能带来了新工具，就如同工业革命把农民手中的工具从锄头变成纺织机，智能时代同样呼唤着新技能和新思维。面对未来，许多早已步入职场的资深人士都难免会不安：我能适应智能时代的工作吗？

谋生的焦虑缠绕着每个时代青年的内心。中国互联网上曾出现过一款火爆的游戏《北京浮生记》。游戏要求玩家扮演一位背井离乡来

到北京谋生的北漂，目标是要在40天内赚到足够偿还自己债务的金额。这个仅有700多KB、界面简陋的小游戏，能在当时大受欢迎，和它充满着“北漂”元素是分不开的。游戏制作者本人就是个彻底的北漂，在1992年揣着200块钱只身来到北京求学闯荡。游戏里面充斥着各种幽默但又真实的北京特色，在那个没有雾霾只有风沙的年代，引发无数只身在大城市拼搏的青年的共鸣。

近些日子《北京浮生记》的制作者又在网上露面了。面对诸多玩过这款游戏并且关心他动向的老玩家，他说当年在开发《北京浮生记》时，正在北京邮电大学从事人工智能科研工作，后来一度离开科研领域专心开发游戏。现在回到本行，做深度强化学习（Deep Reinforcement Learning）的应用，服务游戏业这个垂直领域。他在若干年前的一次采访中曾将这款小游戏称为“文学作品”，他说：“我认识20世纪二三十年代的上海是通过《子夜》，认识拉丁美洲是通过《百年孤独》，10年后，如果有人能够通过《北京浮生记》生动形象地认识2001年的北京的某些生活场景、某些层面，我将非常高兴。”

成就魔幻的，是并不魔幻的艰苦努力和机遇。2001年正是中国互联网的寒冬期，各种泡沫破裂、企业倒闭，坚持下来的大部分人都在今天有了收获。如今在移动互联网、大数据、人工智能各个新兴领域走在第一线的领军者，或许也曾在2001年某个周末艰苦加班之后，疲惫不堪地回到五环工地旁的出租屋里，打开台式电脑，在睡前玩上一把《北京浮生记》，会心一笑。

“互联网+”让任何产业都已离不开互联网，智能时代，任何工作也都会有人工智能的影子。对大数据、智能化的嗅觉，决定了未来工作者的层次高低。

很多机械劳动岗位将被人工智能替代。流水线工人、听写速记员、出租车司机等，未来会迅速消失，就如同纸媒在互联网时代的衰落一样，即使它拥有数百年的悠久历史。人类应该去从事更具有创造

力的工作，但首先你需要掌握创造工具。否则，即便是看似高端的白领工作也会形同机器。

当《福布斯》这样的著名媒体开始用机器人以30秒一篇的效率写新闻通稿，曾经以无冕之王自居的记者开始如坐针毡。不过不要太紧张，除了需要努力提升写作水平外，还可以配备智能工具，比如语音识别速记软件、智能剪辑视频工具等，这会让记者和编辑更强大。

对数据分析软件的利用，会让记者发现更多新闻线索。比如“百度指数”等产品，根植于搜索引擎大数据，可以为用户提供不同新闻关键词的搜索热度、趋势变化、搜索人群的兴趣图谱等各种信息维度。媒体从业者可以据此判断新闻话题走向，明星粉丝可以从中了解偶像的热度变化，商家可以观察产品的用户定位和需求趋势。

相关性思维在这里获得充分的体现。举个例子，2014年6月16日到6月20日是百度指数“请假”一词最高的一周；同时还是“啤酒”一词百度指数最高的一周。敏锐的读者从两者的关联已经可以想到答案了：6月13日巴西世界杯开幕，接下来是世界杯比赛最密集的一周。新闻记者、品牌、商家可以利用这种数据洞见做些什么？善于使用这些工具的人，会成为同行中的佼佼者。在使用数据工具的过程中，我们也在被训练，使自己更适合在智能时代发现和创造价值。

翻译也将面临挑战。往日在重要领导人合照中总会出现的那位翻译官，恐怕需要叠加一个人工智能的影子。人工智能语言处理工具的开发，除了需要满足普通人的翻译需求外，还应该针对高端客户开发新功能。高端翻译需要的可能不是基本的机器翻译，而是由深度学习技术来帮助自己掌握服务对象比如领导人的用语特点；提供特定功能服务，比如如何把中国古诗词翻译成英文。

当百度大脑可以构思诗句，当神经网络可以模仿巴赫训练出作曲能力，当日本的小说奖项评选正式把人工智能创作的文学作品纳入候

选，所有人都开始意识到作为人类心灵圣地的文化艺术领域，对于人工智能来说也不神秘了。神经网络很像人类的大脑，有无数隐秘的神经通路。李白要在醉酒时才能诗兴大发，那是因为醉酒状态导致一些平时蛰伏的神经通路被激活。未来人类可以不用借助醉酒，而是借助神经网络尝试开发灵感。

法律、金融等专业人士的日子也将被改变。由IBM研发的世界首位人工智能律师Ross（罗斯）在2016年就职于纽约Baker & Hostetler律师事务所，负责帮助处理公司破产等事务。这是一个真正可以全身心为雇主考虑的法律全才，不会像人类律师那样昂贵，普通律师或者法官为何不试试利用这样的产品呢？2016年12月，北京市高级人民法院上线了一款名为“睿法官”的人工智能系统，它不仅仅停留在收集资料、为案情“画像”的辅助阶段，而是已经可以做到对案情进行分析，采集案件的多元信息，识别出影响案件定罪量刑的相关要素及当事人上诉的理由，帮助当庭法官做出初步判断，已经十分接近“判案”形态了。使用人工智能助理的律所和法庭能够比同行更高效地处理案件，从而创造更高的收益和社会效益。

金融的城堡由数字的砖块堆砌而成，随处可见人工智能可以渗透的缝隙。

著名的布隆伯格就是用数据武装的华尔街之狼。这位曾当过纽约市长、身家几十亿美元的企业家，几十年前就通过金融数据处理工具杀入了华尔街。在他推出自己的债券交易产品之前，交易员基本上依靠查询路透消息源来查询价格，然后用铅笔和纸进行计算。而布隆伯格提供的产品，给用户提供市场的实时数据、计算能力、财务分析等，迅速席卷了所有债券交易所。布隆伯格第一次卖出他的产品给美林时是1982年，而微软在同年才刚刚推出Excel的第一版，当时还叫作Multiplan。

布隆伯格的例子也许有些远。但是在中关村、五道口、西二旗、张江、华强北，无数雄心勃勃的青年人在试图利用数据智能工具完成人生逆袭。人工智能不分贵贱，只在乎能力。人事管理员可以利用数据工具研究公司人员分布状况，提出优化意见。咖啡店可以通过智能对话App为用户订咖啡，并迅速了解他的口味。昔日的游戏高手，可以转型为游戏直播解说员，他比别人更能发现人工智能哪里还不太像人类。

人工智能的潮流虽然会掩埋一些职业，但也会催生新的机会。汽车消灭了马车车夫，却创造出了司机这个职位。人工智能的普及也会创造新的职业机会。吴恩达举了一个例子：以后无人机会越来越多，而无人机交通管理工作现在还没有，以后准会出现，谁来做这个工作？他建议人们把更多精力投入在教育和培养人才上面。

真正决定我们职业未来的，是我们是否具备智能时代需要的职业素养。当智能工具变得越发无所不能，能否灵活使用它就成为差距所在。一个对程序编写、数据分析、机器学习一窍不通的人，就像工业时代不会使用扳手的人一样。

现在几乎人人都拥有一部智能手机，但多数人在用它打游戏、看电影、刷朋友圈时，没有意识到其中蕴藏着通往未来的入口。人工智能领域很多世界最尖端的技术，都已经集成在诸如度秘一类的产品中。翻译、语音识别这些看似波澜不惊的功能，已经可以让你接触到最前沿的人工智能技术。

“工作着是美丽的”，这句话是已故女性作家陈学昭的长篇小说的名字。她是五四新文化运动的旗手之一。今天人工智能将会带来又一场新文化运动。而在智能时代，工作着依然是美丽的，它需要智慧，更需要人类在与机器的互相砥砺中前行。

生命之歌，人工智能如何再造医疗

思索、奋斗、享乐、奔走……人类以肉身在世间拼搏，无论现世生活是幸福还是煎熬，总是渴望更健康长寿，渴望能亲眼看到未来的任何一天。昔日秦始皇为求长命百岁的仙药派人东渡，而今天的医疗科技则把长寿带给普通民众。

科技的发展又带来新的想象。无论是《超能陆战队》中亲切至极的医疗机器人“大白”，还是《攻壳机动队》中用人类肉体改造成的武器，都成为荧屏上的经典角色，令人津津乐道。虽然人类文明在工业革命后获得了突飞猛进的发展，但在现代医学的庇护之下，人类的肉身仍然显得那么脆弱。小小的身躯之内蕴藏着一个我们远未探索的世界。高科技会把人类的身体引向何处？这已经不仅仅是医生感兴趣的话题。

科学史上每一个领域的进步似乎都与医疗行业发生着重要关联。物理学家在光学领域和原子领域的研究带来了显微镜和X射线，宇宙飞船中为宇航员准备的健康检测室日后变成了重症监护室，生物学让动物实验成为人类最重要的医学测试方法，而化学更是一门与药品有着千丝万缕关系的学科。

那么人工智能在医学领域会扮演什么样的角色？答案恐怕不是一种角色，而是会改写整个医疗行业。

人工智能作为一种方法，对医疗的影响将是全方位的，由浅入深，由小及大。

尖端医学最为吸引眼球：Nature报道神经假体使腿部瘫痪的猴子能够重新行走；美国研究出“纳米鱼机器人”可以轻松将止痛药物传输

到指定的身体部位；在基因药物领域，深度学习为改写基因、合成新生物提供了可能。

类似的例子不是我们想要讨论的重点。纳米机器人、基因改造虽然是影视作品热衷的话题，却和现实领域颇有距离。更重要的是，虽然人工智能已经进入许多最前沿的医学领域，但几乎都还停留在理论或者实验阶段，不过在一些更成熟的领域，人工智能已经可以发挥重要作用。

在眼部疾病治疗中，由于对病人信息掌握有限，有1/10的病人会在治疗过程中受到伤害，其中至少一半伤害是可以预防的。英国知名的摩尔眼科医院与谷歌展开合作，打造了一款机器学习系统。这款系统仅凭眼部数字扫描结果，即可识别潜在的眼部疾病风险。眼部扫描技术早已有之，但是传统的机器在完成扫描之后，无法快速分析复杂的眼部数据。机器学习则是对付这类数据的能手，可以大大缩短分析时间和提升准确率，更快、更准确地为病人提供治疗方案。

IBM的watson机器人可以通过大数据和人工智能帮助人类分析肿瘤等疑难疾病。在日本，病理读片大多都需要两名医生共同完成以防止错漏，而NEC很多年前就开始在日本医院中推行自动读片系统，现在已经能够替代医生的角色来辅助读片工作。

生物大数据也正在改变着医学研究和制药业。在一些传统医学诊断中，医生会让病人在一段平缓的路上行走几分钟，并记录他们的行走距离。这个测试是为了预测肺移植者的存活率，并可检测肌肉萎缩的病程发展，甚至可以评估心血管患者的健康状况。但是如果你想同时拿到1000个人的监测数据，那么光是记录就会变得非常困难。

智能手机解决了数据获取的问题。美国一位研究者想要收集有关心血管的数据，于是上传了一个名叫“我的心脏计数器”的App到苹果商城，结果短短两周内他手上就有了超过6000人的测试结果。现在他

面对的问题不再是样本不足，而是缺少面对庞大数据进行更精确分析的能力。

我们一旦有能力把生物大数据抽丝剥茧，获得想要的结论，整个医学行业将受益无穷。以糖尿病为例，仅在中国就预计有超过1亿人受此病困扰。糖尿病诊断过程中有一个令医学界十分头疼的问题，就是不容易对病人做到糖尿病亚型的精确细分，这对前期预防和后期治疗都极为不利。而大数据分析可以在这一点上发挥优势，如果最终能对每个病人做出具体的病型确认，就能真正做到“对症下药”。

基因测序是发现致病原因的一个前沿方法。在这方面，我赞助了一个食管癌项目。过去在基因测序与疾病相关性的研究上，限于技术基本只能够做到单基因致病研究，比如发现某种基因突变会导致唐氏综合征之类的罕见病。而常见病很多是由多个基因组合的突变导致。过去由于计算能力达不到现在的水平，人们根本算不出来到底是哪些基因的组合导致了一些常见病。但是未来是可以算出来的。

大数据与智能分析对药物市场也会有明显改善。现代医疗中的药物品种已经变得越来越多、越来越复杂，有时病人会发现，光是治疗感冒的药物就多达几百种。大数据的出现，将为我们带来个人定制的药物使用方案，精准使用每一种最适合我们的药物。

这也就是“精准医疗”（Precision Medicine）的概念。美国前总统奥巴马2015年在国情咨文中提出“精准医学计划”，打算通过分析100多万名美国志愿者的基因信息，以便掌握疾病形成机理，开发相应药物，实现“精准施药”。通过互联网、人工智能与生物大数据的引领，精准医疗将成为一种把个人基因、环境与生活习惯差异考虑在内的疾病预防与处置的新方法。我国也在2015年由科技部召开精准医学战略专家会议，计划在2030年前向精准医疗领域投入600亿元。

多伦多大学的Brendan Frey（布兰登·弗雷）教授称，现代科技下我们已经能源源不断地获取基因生物学的数据，但是人类却难以破解和掌控这些海量数据，无法“理解”基因。我们可以想到，深度学习将扬其所长，寻找人类无法发现的基因关联。当人工智能找出健康的基因序列模式，人类就能够通过基因来诊断甚至预测疾病，优化用药靶向。

精准医疗的概念引起了不少争议。美国女星安吉丽娜·朱莉通过基因检测获知自己有80%的概率患上乳腺癌和50%的概率患上卵巢癌，于是毅然切除了双侧乳腺和卵巢。这一举动引发了媒体的大讨论。仅因为一个数字概率就去做切除手术，会使很多人迟疑。更有人担忧预测技术会被滥用，成为引导病人“无病呻吟”以便谋取利益的一种手段。

预测性治疗正如人工智能在警事安全领域促成的预测性防范——在一个人还没有实施犯罪之前就采取预防措施。无论如何，未来的人类要更频繁地面对此类抉择。

相比进行基因检测进而提前手术这类较为奢侈的项目，人工智能在更多普适医疗项目上也具有重大利用价值。

在中国大城市中，超过70%的人处于身体亚健康状态，而由于看病难、工作忙碌等因素，真正去医院的人数不到5%。人们需要一个身边的“私人医生”。未来的医疗大脑会成为这个“私人医生”。所有人随时随地可以通过手机、智能系统“看医生”。远离大城市和三甲医院的人群也将拥有更多的医疗选择。

未来人类的医疗业态将会被人工智能改变，这是毋庸置疑的。但是在百度大数据实验室主任范伟身上发生过的一件事却让这个过程具有了一种魔幻感——人工智能已经为他实现了一次过去与现在的“穿越”。

30年前，当他还是一个高中生时，希望成为一名医生。他不仅在心里做了规划，还亲自跑到协和医学院招生办拜访。不过因为种种原因，范伟没有走进协和医学院的大门，而是来到清华学习计算机编程。

有趣的是，三十多年后，范伟真地做起了医疗。范伟现在的梦想，就是让更多的人能够早日用上医疗大脑。让医疗大脑为医生做辅助，包括为医生自动生成病历草稿，为医生节省时间，救治更多的病人。有了医疗大脑的辅助，医生这种职业一定会焕发新的光彩，医患关系也会更加和谐。范伟希望利用人工智能技术把有多年行医经验老医生的知识与阅历，变成一个软件，造福更多的人。

---

1. 日本著名动画导演宫崎骏的作品，于1986年上映，讲述的是人与机器的关系。

11

美丽新世界　严肃新问题

1932年，进化论旗帜人物托马斯·亨利·赫胥黎[注]的孙子阿道司·赫胥黎出版了反乌托邦名著《美丽新世界》，描写了未来机械文明世界的景象。在那里，人们安居乐业、衣食无忧，但一切都被标准化。人类在孵化中心诞生，分别从属五大贵贱不同的种姓。管理者用试管培植、条件反射、催眠、梦境疗法等“科学”手段，严格控制人的性格，让他们用快乐的心情去执行自己被设定的社会角色和消费模式。这样的主题后来在《黑客帝国》等作品中不断复现，成为现代思想者不可回避的话题。

《娱乐至死》的作者尼尔·波兹曼说：“在《1984》中，人们被对痛苦的恐惧所控制；在《美丽新世界》中，人们则被对快乐的盲目追逐所控制。”而未来的人工智能社会将是哪一种？是会超越所有人的想象，形成全新的世界，非痛苦或者快乐所能描述，还是继续延续人类永恒求索奋斗的主题？

智能革命，是堪比工业革命的第四次技术革命。与工业革命时代中国被动落后不同，今天，中国是以领先态势，主动驾驭着这场革命。正如无人车之路在挑战中开拓，智能时代也在混沌中清晰起来。我们有理由相信中国会在这场变革中占据制高点。

如果我们把视线抬得更高，面对技术与人类的关系，又不能不有一些忧虑。细心的读者应该能感受到，在本书各章节的热情之中都隐藏着一种关怀。我们提倡起跑线上的人工智能教育，因为担心起点上的不平等；我们描述未来的新人类，因为希望每个人都掌握智能时代的生存技能；我们仔细构想首席人工智能官能做什么，因为希望众多企业能在大变革时代协同进步，保持经济生态平衡；我们知道人工智能与物联网将助力中国制造强势升级，但也不能不担忧新的产业危机。

纵观历史，技术进步起先总是被少数人拥有，甚至成为制造不公正的武器，其普及过程充满曲折与不确定性。这其中固然有拥有者的自私因素，但也有后进者的迟钝以及人类天生的族群竞争使然。人工智能也会如此吗?

中国移动互联网的发展是个有趣的回答。农村用户使用移动互联网的频率远超PC互联网，因为前者容易得到，只要拥有一部智能手机即可。中国强大的制造业与互联网基础设施一起普及了移动互联网。在这个领域，人们更平等一些。人工智能与大数据作为一种流动的资源，与移动互联网一样，也天生具有穿透性和普适性，只要通过一部联网手机就能触及。

每个人都将遭遇人工智能，区别在于个人的准备程度。人工智能作为新的工具，究竟会创造一个怎样的新世界？一切有待努力。中国人曾经于无声处兴起了一场浩荡的“勤劳革命”，惠及亿万国民甚至是世界。面对智能革命，勤劳的人类能否再一次做好积极准备?

数字鸿沟

吴军的一个说法在网上流传：智能时代只属于2%的人，其他98%的人都会成为落伍者。看到这个数字，人们很容易想起2010年开始的占领华尔街运动，运动者打出的口号是反对1%。未来有可能是掌握金融资本的人占据了1%，掌握人工智能资源的人占据另一个1%。本书无意论述那场占领运动，这里只想说一件那场运动之后不久出现的惊人一幕。

2012年10月末，飓风“桑迪”席卷美国东海岸，海水倒灌，600多万人无电可用。繁华的纽约市一片汪洋，下曼哈顿区25万用户遭遇断

电。但是却有一幢大楼灯火通明，孑然独立，那就是位于纽约市曼哈顿西街200号的高盛大楼。



图11-1 纽约市断电夜景图

资料来源：http://thefeministwire.com/2012/12/black-survival-in-the-uchromatic- dark

这幕景象引发了不少民众的愤怒。彼时占领华尔街运动刚刚被强行结束一年，美国仍然深陷次贷危机引发的经济不景气中，就业低迷，人们对华尔街充满怨气。而高盛则是华尔街金融资本的首席代表，在全世界兴风作浪。黑云压城城欲摧，兀自闪亮的高盛大楼与周围一片漆黑形成鲜明对比。这一幕看上去是个多么好的象征：百分之一就在那里，哪怕周围洪水滔天。

但高盛发言人立即解释，“我们不是唯一有电的大楼，但我们的确有发电机，现在完全是自己给自己供电”。他想说的是，高盛大楼是凭借自己的实力在闪亮。

这大约也是现代社会的隐喻：一部分人因为各种原因站在金字塔顶尖，有人依靠权势、有人依靠资本，也有人依靠才能或技术。高盛本身就是非常善于利用数据和机器智能的金融公司，代表着华尔街与

美国东西海岸高科技产业力量的结合体。相比美国已经陈旧的基础设施，高盛却独善其身，掌握着大量资源。

奥巴马总统在任时，美国高新产业高速发展。然而到了总统换届时，代表高科技势力的民主党却遭遇了滑铁卢，尽失总统宝座与两院控制。有资深评论家指出，在这场大选中，围绕特朗普涌现出了所谓的“白人抗议”现象。对民主党发出抗议的白人都是那些高校和高新产业之外的白人工作者。早有专家指出，美国金融资本不受限制地扩张，导致虚拟经济与实体经济比例严重失衡，制造业被挤压出局，金融资本与信息高科技技术结合，愈发加剧了这个失衡，终于带来恶果。

诺贝尔经济学奖获得者保罗·克鲁格曼痛心疾首地说过一件事情：

2010年，当哈得逊河道底下亟须一条新的铁路隧道时，新泽西州州长却突然取消了这个当时美国最大的基础设施项目。但与此同时，另一个耗资巨大的隧道项目却接近尾声：Spread Networks隧道贯通宾夕法尼亚州的阿勒格尼山脉。不过建设Spread Networks隧道的初衷不是为了载客，甚至也不是为了运货，而是为了搭起一条光纤，可以把芝加哥期货市场和纽约证券交易所之间的通信时间缩减3毫秒。铁路隧道项目被取消了，Spread Networks隧道却修建了起来。谁在乎这3毫秒呢？答案是股市里的高频交易员，他们靠比同行快几毫秒的速度买入或卖出股票来赚取差价。这个现象可以告诉你，如今的美国究竟出了什么问题。社会正在把过多的资源分配给金融投机交易，导致产业严重失衡。

高频交易或者闪频交易，正是一种以信息技术为基础的金融投机方法，需要硬件、算法、人才全方位的支持才能做到。在算法方面，它不仅要求把资深金融交易专家的策略转化为算法，还要求这个算法尽量高效，能够比别人的算法更快地得出结果，而且算法能够自适应环境，根据外界条件变化调整参数和概率，这已经是一种比较发达的

机器智能了。茕茕孑立的高盛就是这方面的高手，为此招募了顶尖的计算机团队。类似高频交易的技术，不仅帮助金融大鳄远远甩开一般散户，也屡次因为机器出错，导致股市闪崩，极大地加重了市场的不确定性。

美国的教训值得全世界深思。数字技术在美国发展久远，人工智能技术是这一技术的最新延伸。数字与智能技术本身不是导致失衡的罪魁祸首，与不公正的社会制度和不科学的经济政策结合却会加速失衡。而普通民众则是失衡后果的主要承担者。

美国2016年大选结果体现的东西部州与中部州及东北铁锈带的鲜明对立，描绘的不只是政治对立，某种程度上，描绘的正是数字鸿沟。

当然，鸿沟不全是由数字技术造成的，只是被数字技术深化了。2014年法国经济学家、巴黎经济学院教授托马斯·皮凯蒂出版了《二十一世纪资本论》一书，风靡一时，受到克鲁格曼等经济学家的大力推荐。该书以令人信服的数据证明，几十年来，世界上的收入不平等在扩大，资本回报大大超过了普通人的劳动回报。马克思早已描述过的不平等生产关系一直延续下来，似乎没有什么改善的迹象。联合国的《2016年中国人类发展报告》显示，数十年来全世界主要扶贫成绩都发生在中国，其他国家乏善可陈。

马克思认为资本主义工业化是以维持高利润为目的，而不是直接以提升人类福祉为目的，于是制造了大量的剩余人口或者说是失业大军。他们随时等待被雇用，以替换失去剥削价值的工人。但在智能时代，剩余人口的含义也许会发生变化。

人类还能做些什么

很多人尚未意识到所有单一技能的职业都可能被机器代替。语音识别代替速记员的事情最近几年就会发生；现场同声传译只是因为受限于麦克风阵列硬件发展，还需要时日；电子警察比保安更有效，很多小区里摄像头车牌识别已经代替了以往的刷卡进出；电商、快递业的人工客服已经被机器取代。倒是出租车司机可能会晚一点被淘汰，无人车并不容易在10年内取代人工。

亚马逊的“无收银员超市”让血拼族一片欢呼。在这里，顾客只要安装了特定App，就无须排队，无须柜台刷卡，拿好商品就可以走人。传感器会自动识别顾客带走的商品，计算价格，并在顾客离开超市时自动从用户银行卡上扣款。有人戏称那种购物体验就像自由抢劫一样，让消费者大呼过瘾。



图11-2 亚马逊智能超市

门上写着：Just walk out（走出去就行）资料来源：https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=16008589011

这当然是消费体验升级。但悖论在于，智能超市在造福购物者的同时，也让收银员失去了工作，进而减少了购物能力。仿佛量子态坍塌现象——量子以波的形式存在时才能被发现，但是当观察者观察时，量子必定存在于一个确定的位置，于是原来的量子波坍缩为一

点，此时量子表现出粒子性，人也就无法继续观察——技术与幸福的关系也是如此，当你看见了幸福的同时，背后就有些事物在发生坍塌。

除了收银员，欢欢喜喜购物的律师、新闻编辑等白领可能也幸运不到哪里去。他们的岗位也可能会被代替，至少基本的法律分析和通稿写作在一些公司已经由机器执行了。

就在2016年底，俄罗斯最大的银行Sberbank（俄罗斯联邦储蓄银行）宣布推出机器人律师，用于处理各种投诉信件。这将导致大约3000名在银行工作的法律专业人士被炒鱿鱼。Sberbank执行委员会副董事长Vadim Kulik（瓦迪姆·库利克）说，未来所有的常规法律文件处理都将自动化，只需要律师处理那些紧急的法律程序。

在未来，可能只有那些需要直觉、需要创造性的非标准化工作，如艺术设计、规划组织工作才不可替代。

失去购物能力倒也不是很要紧，因为购物本身可能也不需要了。马克思认为剥削导致工人阶级的贫困，进而引起消费低下、需求不足，最终导致生产过剩并崩盘。而智能时代，高效的机器生产可以满足更多人口的基本需求。工厂主可能连“剥削”人的意愿都没有了，因为机器人可以比普通工人工作得更好。失去购买力的人口也可以从机器生产的丰盛中分得基本福利。

新的人类工作机会确实会被创造出来，比如无人车交通管理岗位，又如亚马逊已经拥有5万名为数据打标签的工作者。

那时，衣食无忧的普通人类可以实现马克思“上午狩猎，下午钓鱼，晚上研究哲学”的自由生活了吗？也许可以，但可能会缺少自由的心情，因为你不能创造价值，不被需要。人的一大基本需求就是渴望得到他人的认可。没有价值的人会进入怎样的消沉状态？或许他们会

重新组成一个圈子，如同地下城一般，有一套不同于智能世界的生活方式。

地下城的想象有些遥远。短期内，剩余人口的增加将是一个现实问题，可能引发社会不安定。我们可以想象，未来会有新的劳动保护法条款出台，比如规定每个企业雇用的机器人与人工比例不能少于一定标准等。但当务之急可能是升级社会职业培训，为普通工作者提供计算机、互联网和人工智能方面的职业教育。

美国政府也已经意识到挑战，2016年12月白宫发布《人工智能、自动化和经济》，为应对就业市场的变化提出了战略性建议，比如：

要为教育培训投入巨资，教育和培训美国人，为未来的工作做好准备。

为工人提供更好的指导，以引导他们进行工作上的转换，同时赋予工人权利，确保广泛共享由人工智能带来的经济增长收益。

建议很美好，但考虑到美国政府即便在医改计划执行上也举步维艰，能否有效应对智能革命，还有待观望。康奈尔大学计算机科学系教授、图灵奖得主John Hopcroft（约翰·霍普克罗夫特）在2017年初预测，随着人工智能与自动化技术的兴起，未来美国劳动力规模可能需要缩减50%。

中国能为改善不平等做些什么？数字时代，能否在技术手段的帮助下缩小鸿沟？我们在此仅抛砖引玉，希望能引起更多有识之士的思考和探索。人工智能教育大脑应该被投入职业培训中，让机器辅助普通工作者学会与人工智能打交道，学会在人工智能时代寻找工作价值。

政府当然应该出台相应的保障措施，但关键还在于对生产方式本身的改善。美国制造业空心化，高新产业未能反哺制造业，而是与华尔街资本结合，在全球寻找利润，加深了美国内部的数字鸿沟。中国制造业发达，如果加以指引、支持，求得总体主动的脱胎换骨，就有可能创造出新的平衡生态。

已故著名匈牙利裔英国政治经济学家卡尔·波兰尼在《大转型》一书中指出：资本主义和工业化把一切数字化、理性化，并挤压“人性”，尤其是将市场凌驾于社会之上，而非让市场嵌入社会，所到之处，把一切社会性关系驱赶出去。比如英国“羊吃人”的圈地运动，实质是为了生产羊毛商品而驱逐农民，从而毁灭乡村社会秩序。这一切引发了人道灾难，也导致了一个反向的社会保护运动，包括对福利的争取、对劳动保护法的追求等。经过几百年的动荡和调整，西方资本主义国家才达到了生产与福利的基本平衡。

温故知新，历史经验教训值得我们吸取借鉴。今天，我们观察到这样的平衡再次遭到危机，越来越多的人把眼光投向中国，从马丁·雅克这样的战略学者，到凯文·艾什顿这样的技术专家，都对中国的发展报有极大希望。中国高效的政府和民间追求发展与公平的强大传统都为此提供了新的可能。

著名经济学家林毅夫坚持认为“有为政府”是社会发展的保障。面对智能革命，“有为政府”需要把握好轻重缓急，重点领域的竞争与升级不能放缓，但是事关国计民生的领域需要做好平衡，把转型期的社会波动降到最低。20世纪90年代国企改革期间，中国政府结合社会力量，兴办了比较成熟的再就业培训体系。今天需要升级这个体系，引导普通劳动者熟悉智能技术并能学以致用。发挥社区街道作用，为居民提供智能生活讲座。甚至在基础义务教育阶段就为学生提供学习智能技术的机会。

大公司在技术发展中也要有社会担当。技术人员需要多思考社会责任，努力把人工智能技术嵌入社会发展，而不是把人工智能本身的发展凌驾于社会之上。这方面已经有了很好的尝试，比如用语音、视觉等方面的智能技术帮助落后地区群众阅读、帮助残障人士生活、为劳动力培训设计产品等。在这些方面，技术人才还需要多想一想，比如面向大学生和技术人员的在线教育平台能否尝试为普通劳动力提供培训？这一切都需要政府与企业的通力合作。

工具理性之问

在技术进步面前，人们没有选择，只有奋力前行。因为技术不是外来者，正来自人类生产创造本身，和人类的存在不可分割。

先哲曾经仔细讨论技术或者工具与人类的关系。马克思首先承认资本主义和工业化短时期创造出了超过人类过去几千年创造的财富总额，总体上改善了人类生活。但接着他谈到了“异化”，意思是人类创造的东西反过来奴役人类，当然，不是所有的人类。另一位大思想家马克斯·韦伯则认为，资本主义的货币化及其处理一切事物和关系时候的“算计”化，创造了所谓的工具理性。工具理性化原本许诺给人类“轻盈的斗篷”，结果却成了“铁衣的囚笼”。

工具将人类从“自然的暴政”下解放，但工具本身、工具与社会关系的结合，又造成新的不平等。谁垄断了工具，谁就垄断了经济政治的命脉。曾经匮乏但是平等的原始社会，因为工具，分裂为垄断“智能”的统治阶层和不拥有知识的被统治阶层。

蒸汽机加速了工业革命的车轮。早在埃及的托勒密王朝时期，寺庙就已经运用蒸汽动力，但仅仅用来升起神像，制造神迹。这正是上

述垄断智能的缩影。只有在资本和智能社会化以后，蒸汽机才能充分发挥潜力，给文明注入强劲的动力。

工业时代在更高的层次重构了智能和劳动的分裂。大规模制造的一大弊端，就是思想和行为的分离。创新任务由脱离生产的科学家和工程师完成，生产工作则由非熟练工人完成。

云社会和物联网提供了把实践劳动与脑力劳动结合起来的可能。

在传统工业体系中，工人是“标准化”的工具，尤其是流水线上的工人，只能被动按照指令完成规定动作。“工作”异化了，不再是一种创造性的行动，而是消极的机械化行动。如果我们大胆设想，未来人工智能或许可以提供技术性解决办法。比如考虑到劳动力的多样性，超越流水线，创造一种智能化的生产流程，根据劳动力状况，自动适应、自动调整，不会因为某个环节的工人不标准就影响全局，同时给工人个体发挥的机会。企业的智能运营系统通过网络来连接一线工作者与科研人员和管理者。随时记录、定位和分析工作者的操作习惯、状态，给出优化建议，使工作和学习同步完成。

中国产业链完整、工作场景多样、人才层次丰富，这是宝贵的财富。科学家和工程师应该有意识地深入生产场景，把智能技术与工业实践和生活实践结合起来。

机器人的无用之用

人工智能还给我们带来另一种突破工具理性的启迪。

回想一下文艺作品里那些陪伴我们童年的机器人，从铁臂阿童木到“大白”，它们无不超越了人类最初给它们设定的工具属性，奋力追

求自己的独立“人性”。

在《钢铁巨人》里，机器人为了拯救人类村庄，选择与原子弹同归于尽。它在最后一刻说的话是：“我知道自己要做什么了，我要做Super man（超人）！”机器人本身能否形成人性甚至超越人性，是个有趣且有意义的话题。

多梅尼科·帕里西所著的《机器人的未来：机器人科学的人类隐喻》不只是研究机器人，更把机器人当作一种方法，来反思人类科学的工具性，指出人类自身的方向。

科学的一大基本特征是“对象化”——人与自己的研究对象分离，完全“客观”地观察、记录、分析对象，尽量不带入观察者自身的因素，诸如情绪、立场等。这套方法是人类认识自然世界的有力工具，但是在用于认识人类自己的时候却遇到了困难。

首先，人作为自己的研究对象，无法把研究者和研究对象完全分开，人之精神就是由自己的情绪、动机、愿望、认知等组成的。

其次，关于人类行为和人类社会的研究理论基本是用文字而非自然科学中的数理符号来表达的。文字作为表达科学理论的工具有很大局限性：意义不准确、下意识地含有研究者的价值观和情感取向、难以数字化等。文字不是透明的中间工具，文字本身就构造了一层“现实”。文字甚至是数字，其本质都是符号，符号与现实总有差距，正如关于颜色的有限词汇是无法完全表达现实中无限多种类颜色细节的。文字甚至会出现没有现实对应物的情况，比如“信仰”“目标”等这类词汇。

大数据和数学方法的发展使我们已经可以把很多人类学现象数字化，但依然不足以研究人类。帕里西说：“（这些方法）甚至未曾试着

去识别隐藏于这些行为现象和社会现象之后的机制与过程，更不要说去解释了。”

人工智能为表达关于人类的科学理论提供了新的可能，帕里西提出了“作为人工构造的理论”（theories as artefacts）——创造人工构造（类人机器人）来代替研究。这个理论基于这样一条原则：“无论X是什么，要理解X，就必须以人工对其进行再现。”如果你的理论不好，人工构造就无法造出来。如果你能造出类人机器人，就说明你的研究成功了。从根本上说，这是把研究和实践统一了，研究就是实践，实践就是研究。这个过程除了可以克服前面所说的人文学科问题，还能把多种学科诸如社会学、心理学、生物学、政治学、语言学、经济学、文史哲等整合在一起，打破目前各类学科机械分割的局面。

帕里西认为，目前的机器人或者人工智能与人的区别在于，人的思维中包含了动机与认知两种模式。人的任何行为都有动机，比如为了吃喝与生存、为了安全与繁殖、为了荣誉与理想等。而现有的机器人只有认知，无所谓动机，因为它的目的是由人设定的。机器人只是工具，为了满足人的特定需要而存在。

但是机器人可以是人的影子，为此他区分了两类机器人：实用机器人和类人机器人。后者正是科学家需要的。前者只有认知思维，后者却设定了动机，比如设定机器人需要定期获取能量以求得生存。具体做法是在计算机中构造一个机器人程序，可以为它装配饥饿传感器，令它在一定的虚拟空间里寻找食物和水。食物用食物令牌代替，水用水令牌代替，两种令牌分布在不同区域，然后让机器人自主决定获取这些令牌的路线和顺序，找不到就会死亡。以此观察机器人如何做出决定。

同理，可以设定机器人需要规避一些危险令牌以保障安全，需要通过与其他机器人交换编码而产生新的后代（繁殖），甚至设立财产观念、遵守规则的动机等。观察在这些动机的驱动下，机器人如何进

化出类人的社会意识、语言、文化、情感乃至艺术和宗教。比如，制造男性机器人和女性机器人，并赋予机器人保护后代机器人的动机，观察它们如何发展出家庭观念和实体。

科学家这样制造的机器人可能没有任何实际应用价值，比如会犯错的机器人，会生病的机器人，会做梦的机器人，会难过、会高兴的机器人……而工具是不应该犯错误、开小差的，这些是人类的特性。在这种思想方法下，制造人工智能的过程不再只是制造服务于人类外在需求的工具，而正是人类了解自己的过程。

这样的研究已经有了一定成果，开拓了过去的心理学、社会学从来没有过的视野。

不过读者可能会看出一点点“危险”，类人机器人会不会最终演化出自我意识？它如何处理与人类的关系？这种研究会被宗教人士看作是一种僭越吗？因为科学家在做上帝做的事情——造人。不过科学研究与宗教不同，本质是对人类自身的对象化研究。生命就是不断地“生成创造”。工具理性问题在这里遇到了新的场景：在机器人内部实现对工具理性的超越。归根结底，这是借助人工智能展开自我反思，同时又指导人类发展人工智能，对我们思考机器人如何融入人类社会，如何参与人类的文化、社会生活都会有丰富启发。

基督教新教把人类看作上帝实现自我意志的工具，而人类的自我反思总是在克服这种工具性。人不应该只是工具手段，人应该是目的和手段的统一，这一点可以在人工智能身上付诸实践。

二十三条军规

为“类人机器人”设定伦理和规则看来也是必要的。

在2017年1月5~8日举行的“Benificial AI 2017”会议上，1980名来自产业、学术和研究界的人工智能相关人士共同制定了“二十三条原则”，宗旨在于确保人工智能的健康发展，人人都能从人工智能中受益。这二十三条原则分为研究问题、伦理价值观和长期问题三个部分。[注]

研究问题方面，提出人工智能研究的目标是创造有益的智能，而不是让它像经历生物演化一样没有确定的发展方向。投资人工智能应该附带确保该研究是用于发展有益的人工智能，包括计算机科学、经济学、法律、伦理和社会研究中的棘手问题，例如：我们如何使未来的人工智能系统具有高度鲁棒性[注]？这样才能够让它们在没有故障或被黑客入侵的情况下做我们想要它们做的事情。我们如何通过自动化实现繁荣，同时不打破资源和目的的平衡？我们如何更新法律制度实现更大的公平和更高的效率，跟上人工智能的发展步伐，管控与人工智能相关的风险？人工智能应该具有怎样的价值观，应该具有何等法律和伦理地位?

其他研究问题包括人工智能研究人员和政策制定者之间应该进行有建设意义、健康的交流；培养合作、信任和透明的开发文化；避免竞赛，避免在安全标准方面进行削减。

伦理价值观方面，二十三条原则提出了很多愿景，包括人工智能系统的安全，故障透明度（如果人工智能系统造成伤害，应该可以确定原因）；由机器人做出的任何涉及司法决策的行动都要透明可解释，供主管人权机构审核；设计者与使用者要担起道德影响责任；要确保高度自治的人工智能系统的目标和行为与人类的价值观相一致，尊重人类的尊严、权利、自由和文化多样性；保障个人隐私，不仅人工智能系统能够分析和利用人类产生的数据，人类也应该有权获取、管理和控制自身产生的数据；不得不合理地限制人类真实或感知到的自由。人工智能带来的利益应当是普惠人类的；由人类选择如何以及

是否委托人工智能系统去完成人类选择的目标；人工智能的力量应当尊重和改善社会健康发展所需的社会和公民进程，而不是颠覆这种进程；避免人工智能军备竞赛。

长期问题方面，建议在没有达成共识的情况下，避免对未来人工智能能力上限做出较为肯定的假设；通过相应的关怀和资源对其进行规划和管理，应对风险；对于那些不断自我完善或通过自我复制快速提高质量或数量的人工智能系统，必须采取严格的安全和控制措施。

最后一条是“共同利益”：超级智慧只应该为广泛共享的伦理理想服务，为了全人类而不是一个国家或组织的利益而发展。

二十三条原则，这个名字不由让人想起黑色幽默文学代表作《第二十二条军规》，那是一条不可能完成的规则。看起来，这二十三条原则更像是二十三条呼吁，提出的是问题而不是解决方案，代表的是愿望而不是已经实现的现实。其中涉及很多价值观问题，科学家倡导发展机器人要遵循人类的价值观，这是理所当然的。不过这里就会有三个问题：

第一，这里制定的价值观基础在于把机器看作工具，要求人类在使用工具时不得损害人类利益。实际上，在任何工具的使用上，人类都没有完全做到这一点，比如军备。不过确实可以尽力加以限制，比如军备条约。

第二，人们之所以前所未有地郑重其事，是因为意识到机器人不同于以往的工具。普通工具没有生命、没有意识，完全听命于人的操作。但机器人如果具有了类人意识，那么人类怎么对待它们？显然二十三条原则并未考虑这个问题。人类拒绝奴役人类，把人当作工具就是一种奴役，那么对机器人呢？如果人类的价值观就是让机器人做工具，类人机器人会认为这种价值观有尊严吗？

第三，人类的价值观本身就存在各种冲突，众所周知，制定这些原则的与会者基本属于硅谷阵营。硅谷阵营在美国2016年大选中的态度及其价值观就和特朗普阵营发生了激烈冲突，他们制定的规则看上去很美，但在现实中未必符合很多人的价值观。

二十三条原则表达了人类良好的愿望，相当于科学家为机器人设置了一套“政治正确”。考虑到“政治正确”在当下美国的尴尬遭遇，我们要明白，人工智能的“政治正确”不是一蹴而就的，集体签名是一回事，做起来是另一回事。价值观不是静态的观念，而是在博弈中生成。价值观也不可能孤立地存在于某种群体身上，比如机器人的价值观实际上是人机的价值观。未来人工智能可能将加入这个博弈，形成新的、动态的人机价值观。我们需要在实践中不断摸索人工智能与人类发展的健康之路。二十三条原则起到了探路者的作用。

现实的法律问题

虽然“算法代替律法”的前景已经出现在不少科技人士的视野里，但到目前为止，法律依然是调节人类社会关系的主要手段。我们需要考虑，人工智能时代的法治会遭遇什么挑战，应该如何应对。

人工智能不仅仅是技术问题，而是整个社会运作方式改变的问题。《少数派报告》这样的电影已经预见了事前的预防性管理会出现。深度学习技术的最大作用在于预测，这也给以往法律思维带来新的启迪。比如法律将从事后补偿模式向事先预防模式变化。不过这个过程将非常不确定。

以算法的复杂性来说，技术界区分了强人工智能和弱人工智能。有学者认为，人工智能在技术认知上没有问题，但在法律上很难按照智能程度给出精确的标准。因为法律应对复杂世界的方式是确立一般

性的简单规则，在概念上对社会个体进行抽象假定（如行为能力），而非针对特殊主体，否则规则体系本身将变得异常复杂，难于理解和操作。生产资料之间的信息变得越来越对称，但作为信息匹配中介的人工智能却变得更不透明，其规则设计和运作从属于用户甚至开发者都无法理解的秘密状态，这都回到了法律如何处理与代码的关系问题。㊟

具体体现在法律抽象化与技术黑箱化之间的冲突。比如，“快播案”这样一个涉及互联网技术而非人工智能技术的案件里，法律责任认定的过程很漫长也很艰难。监管者或法院并不想深入算法内部了解造成事故的技术原因是什么。只要法律认定这一黑箱应当在合理范围内得到控制，事故就可以避免，黑箱提供者就应当承担责任。在这种情况下，我们可以预见，保险（甚至是强制险）就成为那些事故发生概率小但潜在损失巨大的市场的不二选择。

涉及技术的航空、医疗保险市场已经十分发达，可以预见保险将会延伸至更多由人工智能驱动的服务行业。

在另一方面，也许真要靠算法的顶层设计来防止消极后果。人工智能技术可能不只是理工专业人士的领域，法律人士以及其他治理者也需要学习人工智能知识，这对法律人士和其他治理者提出了技术要求。法治管理需要嵌入生产环节，比如对算法处理的数据或生产性资源进行管理，防止造成消极后果。例如，征信系统中禁止收集种族、性别、宗教派别、政治倾向等歧视性信息；在声誉系统中打击网络推手刷单，避免虚假数据；通过地域性监管限制网络专车及其司机的资质等。法律机器人本身也是一种辅助人类面对复杂规则做出判断的好办法——用技术进步来解决技术带来的问题。

与人工智能相关的法律问题可能会很多，这里简单谈谈日常生活中人们比较关心的隐私问题。

有人说，智能时代，人们进入了无隐私社会，因为一切数据都处在互动中，哪怕是心率都被可穿戴设备分享了。未来的狗仔队也会智能化，运用数据分析和无处不在的视觉监控寻找明星的蛛丝马迹。在智能社会如何善待隐私？可能要突破原先的观念。隐私当然是现代个人人格的一部分。现实中，人们强调保护隐私的同时，也热衷记录隐私，甚至传播隐私。一切网络八卦行为都围绕隐私展开。没有隐私就没有独立个体，但在数据时代，绝对的隐私又会让个人无法被沟通和识别。最好的办法还是制度与技术手段的突破，比如建立统一的数据保护平台，让个人可以了解自己的数据被政府、公司使用的状况，避免单向过度的使用。

数字权力的重新分配

已故著名波兰裔英国思想家、社会学家鲍曼认为：数字时代带来了比监控更麻烦的问题，权力与政治在技术之下分离了。传统的政治囿于解决一个国家内部的问题。而跨国资本及其政治力量，却通过技术蔓延各个领域，制造出更多不确定性。同时，普通人对技术和官僚的信任在这种矛盾之下消解。权力随着资本和数字网络流动起来，传统政治却对约束它们无能为力。作为对全球化资本权力的反弹，欧美诸国“部落主义”重新崛起。这也就是英国脱欧、孤立主义在美国兴起的大背景。

鲍曼描述了西方国家的情景。但不确定性是新时代普遍存在的状况。

政治、经济、文化、传媒权力都会被数据智能渗透。这个不难理解，金融资本借助数字网络、智能投顾、闪频交易等技术在全世界腾挪闪移、惊鸿遍野。推特等社交媒体催化了中东国家的动荡，数字权力越过主权国家的界限，纵横捭阖。甚至以往向外输出数字权力的美

国，也开始担心被跨国数字权力侵袭。阿桑奇和他的维基解密作为一个非政府组织，屡屡抛出政府黑材料，让美国政府非常头疼。黑客凭借网络技术获得了威慑美国统治阶层的能力。美国政府甚至指控俄罗斯使用黑客干预了美国2016年大选，这种紧张感是前所未有的。这既说明数字权力面前无人可以幸免，同时也预示着，从个人到国家，都有必要加紧适应数字智能时代。

数字权力的形态如同福柯所描述的现代权力，并非中央集权式的环状结构，而是错综复杂、多中心存在的网状结构。数字权力弥散于这张网中，难以捉摸。

从国家层面讲，需要在顶层设计中做好设置，防止政府滥用数字权力。而恶意挑战国家与社会正常运行的数字权力也已经在现实中出现。

彭博周刊2014年曾报道了一位哥伦比亚黑客，自称操纵了9个拉美国家的投票选举，手段包括窃取数据、安装恶意软件、在社交媒体上伪造大规模支持或反对的民意。

他的团队在对手阵营总部安装了恶意软件，可以监听电话、监视计算机。借此获得各种演讲稿、会议计划和选举安排。根据这些信息，他借助virtual army（水军）发布虚假的推特消息，利用低端推特机器人追加大量点赞和关注。设置程序在凌晨自动拨打竞选电话，以对手阵营的名义骚扰选民。借助类似手段，他曾在不同程度上影响了委内瑞拉、尼加拉瓜、巴拿马、洪都拉斯、萨尔瓦多、哥伦比亚、哥斯达黎加和危地马拉的民主选举，时间长达8年之久。他说："当我意识到，人们更愿意相信网络舆论而非现实，我发现，我拥有了让人们相信任何事物的能力。"

在国内外的社交媒体上，具有简单智能的机器"水军"都蠢蠢欲动。"未来你分不清电脑对面是不是人"这件事已经成真。不过，"水

军”并不一定意味着负面，因为用于正确目的的“水军”并不水。某种意义上，问答机器人和机器客服就是“水军”的变种。即便在最容易“水”的论坛、评论区，机器人的表现也可能好过人类。王海峰就说过，在很多评论区，往往是一些人类在灌水、乱喷，而机器人则在发表有营养的评论，带动评论的热度，保持积极正面的舆论方向。

每个现代人都被自己生产的数据包围着。智能化的数据已经成为人类的第二肉身。就像第一肉身会担心疾病、车祸等安全问题，第二肉身也同样面临安全隐患。

互联网时代个人信息面临种种泄露风险。诈骗业的技术也在更新。比起通常的电话诈骗，不法分子甚至用起了大数据方法。上海黄浦区警方在2017年初破获了一起惊人的网络盗窃案。首先是黑客用软件批量生成电话号码，再利用扫描工具逐个把号码挂到网上扫描，通过一些黑客存放泄露密码的网站（一般自称“社工库”），把电话号码对应的登录密码扫出来。这在业界被称为“撞库”。用这种简单粗暴的方法，可以快速得到很多用户的登录信息，然后用于偷取银行卡存款等犯罪活动。

一个社会中总会存在不法分子。互联网时代数据技术爆发式增长，人类适应能力的落后也给罪犯留下了可乘之机。这就如同汽车刚被发明时给社会带来新的交通不安全，不过后来人们发明了红绿灯，用新规则制约技术，保障安全。传统的数据管控方式在互联网时代显得千疮百孔，普通人或者团体很难主动保护好自己的隐私数据。这需要多方共同努力，警方同样可以利用大数据技术来对付犯罪，科技公司也可以为此助力。

大数据领域的红绿灯也出现了。以电信诈骗问题为例，包括“百度安全”在内的多家公司已经与管理部门合作，携手打击电信犯罪。依托大数据建立“安全号码库”和“诈骗电话地图”，一方面可以将信息共享给公安机关，定位诈骗嫌疑人的号码和所在位置；另一方面可以实时

拦截诈骗电话并在诈骗电话地图上同步显示、识别诈骗电话动态，“亮红灯”提醒用户。“百度安全”至今已经积累了2亿多安全号码库，每日拦截骚扰诈骗电话超100万次，诈骗电话拦截率保持在99.98%以上。与此同时，在手机上安装了安全软件的用户，对可疑电话的举报、标注都可以上传到服务器，帮助识别诈骗号码。在这种动态循环中，安全软件会越来越聪明，识别诈骗号码的能力也会越来越强。

深度学习使防火墙技术也得到了升级。做网管的人都知道，过去每次安装防护软件，都要设定一大堆规则以预防非法访问。而采用深度学习技术，可以让安全系统自动学习用户访问规律，识别异常访问。系统自己设定规则，远比人类网管高效。

信息时代，虽然一些恶性诈骗案件和安全事件被曝光引发了恐惧，但是我们要知道，有更多的数字诈骗被阻止了，提供支持的正是人工智能技术。无论是网络金融安全技术还是智慧城市的智能监控技术，都是魔高一尺，道高一丈，在博弈中不断提升。

更多时候，我们身边的技术极客会利用技术能力做出一些“欢乐”的越界行为。比如支付宝刚推出AR红包，就有人通过训练卷积神经网络，反向破解被横条遮住部分画面的线索照片，去掉横条，获得原始图像，轻松找到红包。方法并不难，前提是使用者懂得使用深度学习共享平台。

北京、上海的车牌特别难摇。车牌中签号码由系统“随机”给出，但这个随机也遵循一定的算法。有人居然利用机器学习技术，琢磨车牌摇号的规律，据说提高了中签率。

环顾一下你所在的工作单位，你会发现有的人擅长使用很多技术工具来强化自己的能力，有的人却整天为了记不住各种登录密码而苦恼不堪。在未来，对数据智能的熟悉程度会影响一个人工作、生活的幸福感。做一个有准备的人，才能在数据生活中游刃有余。

新世代 新未来

最后让我们还是把视线投向年轻人，他们是未来人类社会最宝贵的财富。

在日本、中国、欧美等许多发达的城市社会中，兴起了一个被称为“尼特族”的群体，主要指一群无业、在家啃老、沉迷于动漫作品的年轻人。据统计，在日本15~34岁的年龄段中尼特族数量高达60多万人，占该年龄段人口的2.2%。

尼特族人群往往沉迷于“二次元”文化，和所谓“宅男”群体高度重合，对动漫游戏中色情、暴力的向往和对现实世界的恐惧成为这个群体最基本的特征。他们对屏幕里生动可爱的动画角色已经丧失了抵抗力，当面对一个各方面都完美的人工智能角色甚至实体机器人时，又会是怎样的不能自拔?

2016年6月，吴恩达与刘慈欣进行了一场关于人工智能的对话。“大刘”对未来人工智能提出了自己的大胆设想：人工智能可以成为人类的性伴侣，并从根本上改变人类的文化趋势。

人工智能是否可以在生活中彻底替代“人”的角色？作为科学家，吴恩达的回应显得更谨慎，称当下人工智能在技术上还相去甚远，但是也没有否认这种未来出现的可能。

未来人类可以按照自己的愿望制造出各种“完美”事物。但这真是完美吗？会不会只是人类自身的镜像?

当人工智能破茧而出，人类却可能将自己封闭于虚拟之中。刘慈欣写过一个短篇科幻小说，写的是当人类把大脑接入虚拟世界，从此醉心于虚拟世界的游戏，感受上帝般的虚妄，而不再向宇宙张望，地球文明就闭上了眼睛。

和所有新技术一样，人工智能也会被用来向人类许诺美好的生活。它已经使很多人的生活变得更舒适。但人类依然需要奋斗精神。最早把巴菲特投资理念翻译介绍到中国的中国建设银行前董事、经济学家孙涤先生认为，西方经济学以理性化个人是经济发展的基础为前提是不对的，那些敢于大胆创新的人恰恰是具有动物精神的人。人工智能基础上的精细化社会可以让人的生活变得精致，但人因此可能反而被各种精致的教条束缚，失去勇猛的动物精神。未来每个人都可以轻易接入智能流，但是从现在起就要想一想，该把智能流运用到哪里才符合人的价值。

每当一个新时代来临，总有一部分人摩拳擦掌，一部分人随波逐流，还有一部分人茫然无措。这几年常有人说“未来已来，只是尚未流行”，充满乐观主义情绪。但我们要意识到，从来没有完全有利的变革，总是会包含失落、分化和冲击，只是人们后知后觉。人工智能科学家虽然深处技术金字塔尖端，但是行动态度普遍持重。百度深度学习实验室的周杰就说自己的态度比较“保守”，保守的意思不是踌躇不前，而是在坚信人工智能发展方向的同时，不赞成过于激进的态度。

一百多年前，严复把《进化论与伦理学》翻译介绍到中国。他在翻译中故意“曲解”了原著，只强调生物进化中竞争的一面，而省略了赫胥黎关于伦理的思考。身处当时第一强国英格兰的赫胥黎，梦想一个对子民更加“仁慈”的英格兰，而面对“三千年未有之大变局”的严复，则强调丛林法则，用“适者生存”召唤一个复兴图强的中国。时过境迁，今天中国人站在崛起的路上，既要继承先贤的忧患，又要有所超越。与赫胥黎一样，我们既应思考智能社会的力量，也应思考如何让智能社会更加和谐。

忧思不代表悲观，也只有在忧思基础上的乐观，才是真正的乐观。想象未来是一件困难的事情，虽然未来无比诱人，值得人们为之奋斗。

在未来漫长的智能岁月里，即便诸如百度、谷歌这样的人工智能公司，可能也只是浩瀚历史中的一个过客。我们是人类，有我们的弱点和优点，有我们的短视，也有我们不灭的抱负。古人说“不以物喜，不以己悲”“担当身前事，何计身后评”，正是我们人类担当精神的体现。我们能做的就是抓住当下。人类的存在就是“在路上”。百度要为美丽新世界铺垫好最初的基因，中国要从大国变成伟大的智能文明国家，每个人也都应该不甘落后于机器，努力做更好的人，知道更多，做到更多，体验更多，一起向着美好但不确定的未来进发。

---

1. 托马斯·亨利·赫胥黎（Thomas Henry Huxley，1825—1895），英国博物学家、教育家，达尔文进化论最杰出的支持者。著作《进化论与伦理学》因为严复的翻译而深刻影响中国发展，汉译名为《天演论》。
2. 资料来源：据人工智能产业智库“新智元”的翻译。
3. 机器人的鲁棒性就是描述机器人在内部或外部存在扰动甚至变化时保持原有或期望状态的能力的一种特性。
4. 胡凌。人工智能的法律想象［J］.文化纵横，2017（2）.

后记

有时候，描摹正在发生的现实，比书写历史更难。

尤其当你要描述的是一场即将到来的革命。

是的，智能革命——我们确定这是一场伟大的变革，并对此深信不疑。

因为，作为一项源于天才创见的技术思潮，它从诞生到现在，逾60年，其间几经沉浮而火种不灭，已积蓄太多能量。

数据化世界的到来，使得科学界那些曾经被忽视、被冷落，甚至被怀疑的天才算法和公式，有了直接验证的可能。人工智能，这架梦想般的“概念机器”，忽然间获得了保证其高速运转的源源不断的燃料和动力。

更重要的是，产业界开始接过学术界的火把，曾经充满科幻色彩的前沿智能技术，真正开始走出实验室，走进并照耀普通人的生活。

幸运的是，作为一家搜索引擎公司，百度从诞生的那一天起，开发流程（大数据—深度学习—提取模式—创造用户价值）和开发文化，就已带有人工智能的天然基因。

也许是命运使然，在全世界范围内，百度是布局人工智能领域的领跑者，也是人工智能领域最坚定的实践者之一。我们正亲身见证人工智能在搜索生态体系中展现出的神奇能量和更广阔的前景。

如果人类进步的主旋律是通过感知和认知能力的不断提升，从而知道更多，做到更多，体验更多，那么人工智能就是这一主旋律的最新回响。

但是，面对一个令人无比振奋、无比期待的智能社会的未来，我们又是惶恐的。

因为，我们虽然确信人工智能将给整个社会带来翻天覆地的变化，将给各行各业带来巨大的价值。但是，我们在现阶段又无法精确描绘这样的变化，短时间内可能也无法呈现这样的价值。

一家劳动密集型的制造业企业该如何实现产品的智能化升级？一家大型农场该如何实现真正的精细化农业？一家金融公司该如何防范风险提高收益？一家制药公司又该如何跟上个性化医疗的未来……

许许多多的行业带着智能化升级的困惑找到百度。这其中，有些是百度探索过或正在探索的，也有很多是百度并不了解的。因为各行各业都有其自身演进的规律和存在的合理性，亟待人工智能去描绘的知识图谱千差万别。

所以，当我们试图以一本书来描绘各行各业智能化转型的图景时，常常是力不从心的。其中的疏漏和错误在所难免，唯有留给方家指正。

但这也许正是我们写作这本书的必要性所在——通过敞开自身能力配置，并尽可能多地描述合作的空间，去吸引更多的潜在合作者，从而为未来“你有故事，我有酒”的完美契合打下基础。

我们认为，对亟待转型升级的传统企业来说，首要解决的就是明晰人工智能的标准。因为，也许是历史给予中国经济摘掉低端仿制山寨的帽子，真正执智能产业牛耳的一次机会，而不是沾沾自喜于以往

的盲目跟风、概念炒作。有了权威的标准，传统企业才能逐渐找到自身智能化改造的坐标，也才能防止在开始阶段就误入歧途。

感谢Robin，是你确定了在智能革命即将到来之时，应该面向用户、合作伙伴开放百度的智能生态、普及基础知识、确立规范标准的方向，也才有了本书的由来。让人惊喜的是，你在确定了本书的逻辑架构和基本脉络之后，更亲自执笔撰写了重要章节。作为百度的首席人工智能官，你对未来智能时代的描述令人神往。

感谢百度集团总裁兼首席运营官陆奇，你对智能革命带来的计算革命契合人类进步主旋律的深刻洞察，让我们豁然开朗，你对量子计算的侃侃而谈，让我们受益良多，也让我们兴奋不已。

感谢百度总裁张亚勤，百度高级副总裁朱光，百度副总裁王路，百度副总裁、ACL会士、前主席王海峰，百度副总裁、金融科技创新中心负责人张旭阳，感谢原百度首席科学家吴恩达。与你们的深入交流保证了本书的思想高度和国际化的视野。你们的前沿研究与战略拓展，成就了今天百度在人工智能领域的领军者地位。

特别感谢百度研究院院长、深度学习技术与应用国家工程实验室主任林元庆，百度人工智能产品委员会主席景鲲，百度大数据实验室主任范伟，百度地图事业部总经理李东旻，百度增强现实(AR)实验室主任吴中勤，百度语音技术部总监高亮，深度学习研究院深度学习方向负责人周杰，机器翻译技术专家何中军，百度数据金融架构师杨晓静，百度大数据实验室科学家吴海山，百度语音技术部刘洋，智能投顾团队袁月，百度金融平台部吴建民，以及靖凌云、和为、关勇、王涛、韦成文、倪金节等多位同学拨冗接受访谈，并帮忙收集相关资料。

你们身处不同体系，却同样以人工智能为视角，成为各个业务智能化升级的“提出问题者”，你们让百度大脑的“听”“看”“读”“说”的感知

能力不断提升，并开始逐步向预测、判断的认知“洞见”方向迈进，你们是来自未来的人。

感谢徐菁的坚持，让本书对人工智能行业标准的描述逐渐清晰。

感谢顾国栋、熊赟、王佳、马连鹏等同学的极致追求与不懈努力，没有你们的督导和内外协调，本书不可能在如此短的时间内完成。

感谢李雯婷、蔡硕、任一奇、乔慧、李颖超、王琳琳、马晓昕、陈明、张开翼、张娜为本书制作AR展示，使得本书展现出科幻加魔法的神奇魅力。

最后，要特别感谢中信出版社的编辑团队，他们的敬业、专业和严谨为本书增色不少。

《智能革命》项目团队

2017.3.5

AR效果展示说明

第一种方式:

点击手机百度搜索框内的“相机”图标，使用其中的“AR”功能，扫描图书封面和书中相关图片，即可体验互动效果。

第二种方式:

第一步：下载“智能革命”App（安卓系统请到百度手机助手下载，苹果设备请到苹果应用商店下载）。

第二步：点击打开“智能革命”，进入应用。

第三步：点击应用中的“AR扫描”，调取摄像头，将本书封面正对摄像头。

第四步：AR扫描识别成功后，3D立体影像即刻呈现。根据语音进行相应的交互操作。

第五步：根据识别图片及页码标识找到书中相应图片，点击“AR扫描”即刻呈现炫酷AR效果。

发现：点击“发现”，与3D影像互动合影（可将3D影像放大、缩小、移动）。

更多：点击“更多”，可进入帮助页面、App版本说明页面及软件重置。